

## Uitwerkingen opgaven Elektrische velden

### Opgave 1.1 DNA onderzoek met elektroforese

- a Wat beweegt er precies? **negatief geladen DNA fragmenten**
- b Door welke stof vindt de beweging plaats? **door een gel**
- c Wat veroorzaakt de beweging? **negatief en positief geladen uiteinden van de bak**
- d Waarom bewegen de fragmenten niet allemaal even ver? **de DNA brokstukken zijn niet even groot**
- e Wat geeft de schaal naast de afbeelding weer? **de grootte van de DNA fragmenten**

### Opgave 1.2 Het principe van elektroforese

- a het negatieve eiwit wordt aangetrokken/**afgestoten** door de negatieve plaat en **aangetrokken**/afgestoten door de positieve plaat  
Vul in: “stoten elkaar af” of “trekken elkaar aan”:
- b gelijksoortige **ladingen stoten elkaar af** en verschillende ladingen **trekken elkaar aan**
- c Wat bedoelt men met de uitspraak: “positieve ladingen bewegen met het veld mee en negatieve ladingen bewegen er tegenin”? **positieve lading volgt de richting van de pijl in de veldlijnen, negatieve lading beweegt de andere kant op**

### Opgave 1.3 Chemische bindingen



1.3

Bekijk het principe van de [ionbinding en covalente binding](#).

- a Atomen zijn stabiel als ze een volle buitenste elektronenschil hebben. Op welke drie manieren kan dat gerealiseerd worden? **Door elektronen af te staan of door elektronen op te nemen en door elektronen te delen met andere atomen**
- b Hoe verklaar je hiermee de werking van de ionbinding en de covalente binding? **ionbinding: een atoom neemt elektronen op, de ander staat elektronen af, daarna trekken het positieve en negatieve ion elkaar aan; bij covalente binding trekken de positieve kernen een de negatieve elektronenparen**
- c Tussen welke deeltjes treden nu precies de elektrostatische krachten op? **Zie b**

- d In plaatje B wordt de linkerzijde van het stuk metaal negatief gemaakt en de rechterzijde positief. Wat gebeurt er daardoor? **De elektronen gaan door het metaalrooster bewegen** Hoe noemen we dat? **Een elektrische stroom**
- e In plaatje C wordt de linkerzijde van het stuk metaal warm gemaakt. Waar zorgen de elektronen in dit geval voor? **Voor warmtegeleiding**

### Opgave 2.1

#### Hoe groot is de lading van elektronen en protonen?

- a Hoe groot is de lading van één elektron?  **$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**
- b Hoeveel elektronen heb je nodig om 1 C lading te krijgen? **1 elektron heeft  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  lading, dus om 1 C te krijgen heb je  $\frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{18}$  elektronen nodig**

- c Hoeveel elektronen passeren per seconde bij een stroom van 1 A?

per seconde 1 C dus  $\frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{18}$  elektronen

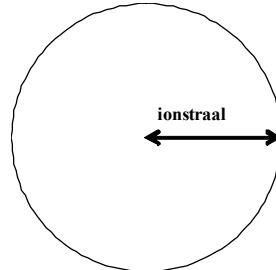
- f Hoeveel coulomb lading passeert per seconde een lamp van 60 W die is aangesloten op de netspanning van 230 V? Gebruik  $P = U \cdot I$ .

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60}{230} = 0,261 \text{ A} \quad \text{dus} \quad Q = 0,261 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

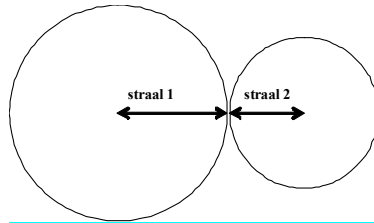
### Opgave 2.2

#### Berekenen van de elektrostatische kracht

- a Hoe groot is de lading van deze ionen?  **$1+$  en  $1-$**  In coulomb?  **$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  en  $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**
- b Wat wordt bedoeld met een ionstraal? Maak een tekening.



- c Bereken de afstand  $r$  tussen de ionen. **afstand is de afstand tussen de middelpunten dus de som van de ionstralen:**



$$r = 98 \cdot 10^{-12} + 181 \cdot 10^{-12} = 279 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

**d** Bereken de elektrostatistische coulombkracht tussen de twee ionen

$$F_E = C \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{(279 \cdot 10^{-12})^2} = 2,95 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

### Opgave 2.3

#### Is 1 coulomb lading veel?

Neem aan dat twee sterke mannen ieder een bol met 1 coulomb lading vast hebben. Op welke afstand moeten ze staan, zodat ze die bollen nog net tegen kunnen houden? Ieder levert een kracht van 500 N. Verrassende uitkomst?

$$F_E = C \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{C \cdot Q_1 \cdot Q_2}{F_E} = \frac{9 \cdot 10^9 \times 1 \times 1}{500} = 18 \cdot 10^6$$

$$r = \sqrt{18 \cdot 10^6} = 4243 \text{ m} = 4,2 \text{ km !!}$$

### Opgave 2.4

#### Waterstofatoom: heel kleine en heel grote getallen

Een waterstofatoom bestaat uit 1 proton en 1 elektron. Het elektron cirkelt op een afstand van  $5,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  om het proton.

**a** Bereken de elektrostatistische kracht die de deeltjes op elkaar uitoefenen.

$$F_E = C \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times +1,6 \cdot 10^{-19}}{(5,28 \cdot 10^{-11})^2} = 8,26 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

**b** Reken met de formule de snelheid van het elektron uit (zoek de massa van een elektron op).

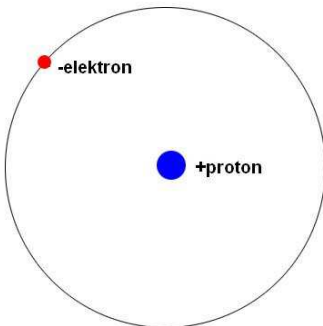
$$\text{elektron } m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$F_C = \frac{m \cdot v^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{F_C \cdot r}{m} = \frac{8,26 \cdot 10^{-8} \times 5,28 \cdot 10^{-11}}{9,109 \cdot 10^{-31}} = 4,78788 \cdot 10^{12}$$

$$v = \sqrt{4,78788 \cdot 10^{12}} = 2,188 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ dat is } 2188 \text{ km/s}$$

**c** Hoe vaak per seconde draait dit elektron rond de kern? Kun je je daar nog iets bij voorstellen?

$$\text{baanomtrek} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 5,28 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 3,32 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$



$$\text{aantal omwentelingen} = \frac{2,188 \cdot 10^6}{3,32 \cdot 10^{-10}} = 6,59 \cdot 10^{15} \text{ keer,}$$

onvoorstelbaar veel

### Opgave 2.5

#### Ladingen scheiden door wrijving

- Noem de onbekende lading  $x$  en bereken zo de lading van iedere ballon.
- Bereken hoeveel elektronen op iedere ballon zijn gewreven.

### Opgave 2.6

#### Meer wrijvingselektriciteit

- Nemen haren elektronen op of staan ze die af? ze hebben een behoorlijk sterke neiging om elektronen af te staan want haar wordt positief geladen
- En een rubber ballon? rubber neemt elektronen op
- Wat is in de figuur links gebeurd? de ballonnen zijn tegen het haar gewreven, waardoor er elektronen zijn overgesprongen; het haar is positief en de ballonnen negatief, daardoor trekken ze elkaar aan

Het meisje op de foto is opgeladen door een [elektriseermachine](#).



2.3

- Verklaar met behulp van lading en krachten waardoor de haren van het meisje uit elkaar gaan staan. het meisje is door de elektriseermachine opgeladen; alle haren zijn dus ook geladen met gelijksoortige lading, daardoor stoten ze elkaar af en gaan zo ver mogelijk uit elkaar staan
- Wat gebeurt er als je glas met een polyester doek wrijft? in de tabel zien we dat het glas positief wordt geladen en de doek negatief
- Verklaar hoe je elektrisch opgeladen kunt worden als je over kunststof vloerbedekking loopt (bijv. PVC). je schoenen en de vloer worden door de wrijving met elkaar geladen

### Opgave 2.7

#### Statische elektriciteit gaat bewegen

- Bekijk [Een vonk naar de trapleuning](#). Maak een schatting van de afstand tussen de vinger en de trap en bereken hoeveel spanning er op het jongetje was opgebouwd.  
 schatting afstand = 3 cm  
 $U = 0,03 \times 3 \text{ miljoen} = 90.000 \text{ V}$

### Opgave 2.8

#### Een heel grote vonk: bliksem

a Tussen welke gebieden ontstaan nu elektrische velden?  
tussen de bovenkant en de onderkant van de wolk, en tussen de wolk en het aardoppervlak

b Welke zijn dat?  
wolkl – wolkl, wolkl – wolkl2, wolk – grond, wolk – lucht

c Welke ontladingen zie je in deze animatie?  
wolk – grond



Eén bliksemontlading produceert een energie van 300 GJ.

d Hoeveel kWh elektrische energie is dat?

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$E = 300 \cdot 10^9 / 3,6 \cdot 10^6 = 83.333 \text{ kWh}$$

e Hoeveel m<sup>3</sup> water kun je met de energie uit één bliksem van 20 °C aan de kook brengen?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} = \frac{300 \cdot 10^9}{4190 \times 80} = 894.988 \text{ kg}$$

f Laat zien dat je met deze hoeveelheid water een zwembad van ongeveer 30 m × 10 m × 3 m kunt vullen.

$$V = 30 \times 30 \times 10 = 900 \text{ m}^3 = 900.000 \text{ L}$$

### Opgave 3.1

#### Kenmerken van veldlijnen

### Opgave 3.2

#### De maat van veldsterkte

Een celmembraan is 7,85 nm dik.

Bereken de elektrische veldsterkte over het membraan.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{63,0 \cdot 10^{-3}}{7,85 \cdot 10^{-9}} = 8.025.000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

### Opgave 3.3

#### Kracht en veldsterkte

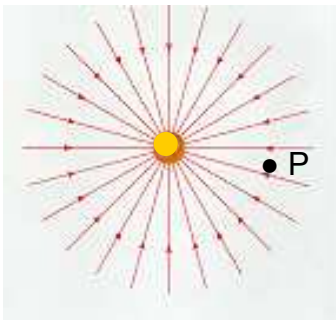
a Bereken de elektrische kracht op een lading van 1 mC in een veld van 250 V/m.

$$F_E = Q \cdot E = 1 \cdot 10^{-3} \times 250 = 0,25 \text{ N}$$

In de figuur links zie je een elektrisch veld. In het punt P staat een lading van 2 μC. Hij ondervindt een elektrische kracht van 100 N.

b Bereken de elektrische veldsterkte in het punt P. Welke eenheid zou je opgeven?

$$E = \frac{F_E}{q_T} = \frac{100}{2 \cdot 10^{-6}} = 50 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



- c Is die lading die het veld veroorzaakt positief of negatief?  
Leg uit.

de veldlijnen wijzen naar de lading toe, dus het is een negatieve lading

- d Bereken de grootte van de lading die het veld veroorzaakt als punt P 2 m van de lading af ligt. Gebruik de wet van Coulomb.

$$F_E = C \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \Rightarrow Q_1 = \frac{F_E \cdot r^2}{C \cdot Q_2} = \frac{100 \times 2^2}{9 \cdot 10^9 \times 2 \cdot 10^{-6}} = 22,2 \text{ mC}$$

### Opgave 3.4

#### Homogeen veld

- a Hoe zie je dat?

de veldlijnen lopen evenwijdig

De batterij levert een spanning van 150 V. De platen staan 50 cm uit elkaar

- b Bereken de veldsterkte tussen de platen

$$E = \frac{U}{d} = \frac{150}{0,5} = 300 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

- c Hoe groot is de kracht die op de lading ( $Q = +5 \text{ mC}$ ) in punt A wordt uitgeoefend?

$$E = \frac{F_E}{Q} \Rightarrow F_E = E \cdot Q = 300 \times 0,005 = 1,5 \text{ N}$$

- d Hoe groot is de veldsterkte in punt B?

even groot als in punt A want het veld is homogeen

### Opgave 3.5

#### Een spel van elektronen: wat gebeurt er precies?

- a Waarom zou dat zo zijn? Denk aan elektrische krachten.  
het overschot aan elektronen wordt steeds groter, dus ook de afstotende elektrostatische kracht

- b Wat gebeurt er tegelijkertijd op de linkerplaat?  
het tekort aan elektronen wordt steeds groter, de resterende positieve lading wordt groter en dus ook de aantrekkende elektrostatische kracht op de elektronen

1. Het proces stopt als de spanning tussen de platen even groot is als de spanning van de bron.
2. De elektronen op de negatieve plaat verdelen zich zo ver mogelijk over de plaat.

- c Waarom zou dat zo zijn?

omdat ze elkaar afstoten

3. De elektronen gaan zo dicht mogelijk tegen de linker buitenzijde van de plaat zitten.

**d** Waarom?

omdat ze aangetrokken worden door de positieve plaat aan de overkant

**e** Wat gebeurt er tegelijkertijd op de linkerplaat?

daar worden de elektronen afgestoten waardoor er een overschot aan positieve lading overblijft

4. De ladingen links en rechts veroorzaken een elektrisch veld. Zoals bekend wordt de veldsterkte bepaald door de spanning en door de afstand tussen de platen.

**f** Verklaar met het model waarom bij een grotere spanning de veldsterkte toeneemt.

Bij een grotere spanning kunnen er meer elektronen worden verplaatst waardoor er een grotere kracht op een lading tussen de platen ontstaat en dus ook een grotere veldsterkte

**g** Verklaar met het model waarom bij een kleinere afstand de veldsterkte ook toeneemt.

Bij een kleinere afstand kunnen de ladingen in de platen een grotere kracht op een lading tussen de platen uitoefenen en dus ontstaat ook een grotere veldsterkte

#### Opgave 4.1

#### Energie in een homogeen elektrisch veld

Met een spanningsbron van 150 V is een homogeen elektrisch veld gemaakt. De platen staan 10 cm uit elkaar.

**a** Bereken de veldsterkte  $E$ .

$$E = \frac{U}{d} = \frac{150}{0,1} = 1500 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Een voorwerp met een lading van  $-2,5 \text{ mC}$  bevindt zich in dit veld, zie tekening.

**b** Bereken de elektrische kracht op deze lading.

$$E = \frac{F_E}{Q} \Rightarrow F_E = E \cdot Q = 1500 \times 0,0025 = 3,75 \text{ N}$$

**c** Wat gebeurt met deze lading?

Die gaat versnellen naar links

**d** Hoeveel arbeid levert deze kracht als de lading helemaal naar de andere plaat beweegt?

$$W = F \cdot s = 3,75 \times 0,1 = 0,375 \text{ J}$$

e Bereken deze potentiële energie. Conclusie?

$$E_{\text{POT}} = Q \cdot E \cdot d = 2,5 \cdot 10^{-3} \times 1500 \times 0,1 = 0,375 \text{ J}$$

potentiële energie is hetzelfde als arbeid door de veldkracht

De lading heeft een massa van 5,0 g.

f Bereken met welke snelheid de lading de plaat treft.

$$E_{\text{KIN}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times E_{\text{KIN}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,375}{5 \cdot 10^{-3}}} = 12,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

g Hoeveel arbeid moet geleverd worden om de lading weer 10 cm terug naar de andere plaat te bewegen?

ook weer 0,375 J

## Opgave 4.2

### Elektronen versnellen

a Bereken de veldsterkte.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1500}{0,02} = 75.000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

b Bereken de potentiële elektrische energie die het elektron bezit.

$$E_{\text{POT}} = Q \cdot E \cdot d = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 75.000 \times 0,02 = 2,4 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

c Met hoeveel kinetische energie passeert hij het gat in de positieve plaat?

ook met  $2,4 \cdot 10^{-16} \text{ J}$  want alle potentiële elektrische energie is omgezet

d Welke snelheid heeft hij dan gekregen (zoek de massa van een elektron op)?

$$E_{\text{KIN}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times E_{\text{KIN}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2,4 \cdot 10^{-16}}{9,109 \cdot 10^{-31}}} = 22,95 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 22.950 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

e Leg uit dat het elektron deze snelheid alleen krijgt als het in vacuüm beweegt.

als het in lucht of een andere stof beweegt zal het afgeremd worden

f Hoeveel eV energie heeft het elektron uit de opgave gekregen?

$$E = 2,4 \cdot 10^{-16} = \frac{2,4 \cdot 10^{-16}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1500 \text{ eV}$$

g Reken uit:  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



### Opgave 4.3

#### Protonen versnellen en Einstein

- a Bereken met potentiële en kinetische energie de snelheid die het proton krijgt.

$$E = Q \cdot U = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 500.000.0000 = 8,0 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$E_{\text{KIN}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times E_{\text{KIN}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 8,0 \cdot 10^{-11}}{1,673 \cdot 10^{-27}}} = 3,09 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 309.300 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

- b Vergelijk de uitkomst met de lichtsnelheid  $c = 300.000$  km/s.

De uitkomst is meer dan de lichtsnelheid

- c Bereken de massatoename in mg die de satelliet door die snelheid heeft gekregen.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{4000}{\sqrt{1 - \left(\frac{8000}{3 \cdot 10^8}\right)^2}} = 4000,000001 \text{ kg}$$

een toename van 1 mg

- d Waarom moet je niet afronden bij de vorige vraag? dan krijg je een toename van nul

Atomen van een bepaald element hebben een massa van 414,8 u als ze een snelheid hebben van  $0,88c$ .

- e Wat zou men bedoelen met  $0,88c$ ?

$$0,88 \times c = 0,88 \times 300.000 \text{ km/s} = 264.000 \text{ km/s}$$

- f Welke element zou dit zijn?

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow m_0 = m \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 414,8 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0,88c}{c}\right)^2} = 197 \text{ u}$$

in PS opzoeken: het zijn goud (Au) atomen

### Opgave 4.4

#### Massa = energie

- a Bereken met hoeveel J de massa van 1 g materie overeenkomt.

$$E = m \cdot c^2 = 0,001 \times (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Als je deze energie helemaal zou kunnen vrijmaken, zou die omgezet worden in warmte en veel andere vormen van straling. Eén ton TNT (springstof) levert een energie van 4,184 GJ.

- b** Bereken hoeveel kiloton TNT evenveel energie levert als 1 g materie.

$$m = \frac{9 \cdot 10^{13}}{4,184 \cdot 10^9} = 21,51 \cdot 10^3 \text{ kg} = 21,51 \text{ ton TNT}$$

- c** Bereken de energie waarmee de massa van een proton gelijkstaat.

$$E = m \cdot c^2 = 1,673 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 1,5057 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

## Opgave 4.5

### Lineaire deeltjesversneller

- a** Probeer dit eens uit in de [animatie](#) door op het juiste moment zelf de batterij om te polen:

Het is duidelijk dat je dit beter kunt automatiseren. Dat kan met een wisselspanning.



.2

- b** Test dat zelf in de [animatie](#). Ook deze animatie is vertraagd. Hieronder zie je een momentopname.

- c** Waarom is de volgende versnellingsbuis steeds iets langer dan de vorige?

omdat de snelheid van het deeltje iedere keer toeneemt, maar de cilinders wel om en om een tegengestelde spanning moeten hebben

Een proton heeft een rustmassa  $m_0 = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

- c** Bereken met hoeveel J energie dit overeenkomt. Gebruik

$$E = m \cdot c^2$$

$$E_0 = m_0 c^2 = 1,672 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 1,50 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

- d** Hoeveel MeV is dit?

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_0 = \frac{1,50 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 937,5 \text{ MeV}$$

- e**

$$v = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{E_0}{E} \right)^2} \right) \times c = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{938}{1350} \right)^2} \right) \times c = 0,719 c$$

dus 71,9 % van de lichtsnelheid

- f** Reken nog een keer de snelheid uit aan het eind van het hele proces. Conclusie?

$$v = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{E_0}{E} \right)^2} \right) \times c = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{938}{980.000} \right)^2} \right) \times c = 0,99951 c$$

dus 99,951 % van de lichtsnelheid!

#### Opgave 4.6

#### Cirkelvormige deeltjesversneller: het cyclotron

- a Met welk doel?  
iedere keer als het deeltje de spleet oversteekt moet het versneld worden en hij passeert de spleet om en om in een andere richting
- b Onderzoek in de simulatie of je de deeltjes zo een hogere snelheid kunt geven.
- c Hoe zie je dat?  
de straal van de cirkel neemt iedere keer iets minder toe

#### Opgave 4.5

#### CERN en de LHC

Reken uit hoeveel % van de lichtsnelheid ze dan hebben gekregen.

$$v = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{E_0}{E} \right)^2} \right) \times c = \left( \sqrt{1 - \left( \frac{938}{7.000.000} \right)^2} \right) \times c = 0,999999991 \cdot c$$

#### Opgave 5.1

#### Het principe van elektroforese: evenwicht van krachten

- a Waarom gaan ze niet steeds sneller bewegen?  
ze worden afgeremd door de gel
- b Welke drie krachten werken er op hem?  
afzetkracht (blauw)  
rolwrijving  
luchtwrijving
- c De krachten zijn in evenwicht. Hoe zie je dat?  
naar rechts afzetkracht 25,74 N  
naar links rolwrijving + luchtwrijving = 3,00 + 22,74 = 25,74, er is evenwicht
- d Waar zal de luchtwrijvingskracht van af hangen?  
van de snelheid, de stroomlijn en de luchtdichtheid
- e Wat gebeurt er als zijn afzetkracht minder wordt (langzamer trappen)? Welke krachten veranderen?  
de afzetkracht wordt minder, de kracht naar links is groter dan de kracht naar rechts, de fietser vertraagt, de luchtwrijving wordt minder

f Ontstaat er weer evenwicht? Wat is het verschil met de beginsituatie?

er ontstaat een nieuwe evenwicht met constante snelheid, het verschil is dat de snelheid lager is

g Beredeneer of en hoe de migratiesnelheid verandert als de spanning wordt verhoogd.

hogere spanning  $\rightarrow$  grotere  $E$ , dus snelheid groter

h Wat gebeurt er als de temperatuur van het geheel wordt verhoogd?

de geldeeltjes gaan sneller bewegen, dus de wrijving zal minder worden, de snelheid neemt toe

i Bereken hiermee hoe lang er gemeten moet worden om een verplaatsing van deze eiwitmoleculen van 3 cm te krijgen.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{250}{0,06} = 4167 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

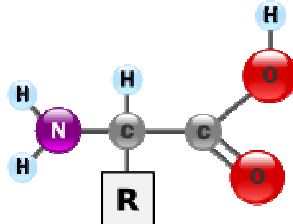
$$v = \frac{q \cdot E}{f} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 4167}{7 \cdot 10^{-12}} = 9,955 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{0,03}{9,526 \cdot 10^{-5}} = 3149 \text{ s} = 5 \text{ min } 15 \text{ s}$$

## Opgave 5.2

### Praktische elektroforese

a Beschrijf de kenmerken van een aminozuur.



Een aminozuur heeft een zure groep en een basische groep

Bij lage pH is een aminozuur positief geladen en bij een hoge pH is het negatief geladen.

b Geef hiervoor een verklaring.

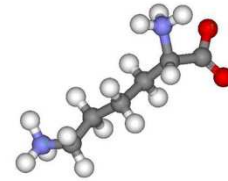
Bij lage pH zijn er veel  $\text{H}_3\text{O}^+$  ionen in de oplossing, die hun overtollige  $\text{H}^+$  afstaan aan de aminogroep, die daardoor een positieve lading krijgt

Bij hoge pH zijn er veel  $\text{OH}^-$  ionen in de oplossing, die een  $\text{H}^+$  losmaken en opnemen van de zuurgroep, die daardoor een negatieve lading krijgt

c Leg uit hoe je door een bufferoplossing in de gel aan te brengen de lading van een aminozuur kunt beïnvloeden.

Een bufferoplossing heeft een “vaste” pH, dus door een juiste keuze van je buffer kun je bepalen of een aminozuur een positieve of negatieve lading krijgt

Het iso-elektrisch punt (IEP) is de pH waarbij een aminozuur ongeladen is (neutraal). Het aminozuur lysine (rechts) heeft een IEP van 9,6.



**d** Beweegt dit molecuul naar de positieve of negatieve pool in een neutrale oplossing? Leg uit.

In een neutrale oplossing geldt dat de pH =7, dus de oplossing gedraagt zich voor het lysinemolecuul als zuur; het molecuul wordt positief en beweegt naar de negatieve pool

### Opgave 5.3

#### DNA gelelektroforese

##### Welke concentratie van de gel?

In verschillende gelconcentraties kunnen DNA fragmenten van verschillende groottes beter worden opgelost, zie figuur links.

- e** Lossen de grote of de kleine stukken beter op in de 0,7 % oplossing? Hoe zie je dat?
- f** En in de 1,5 % oplossing?