

## ELEKTROMAGNETISME – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Elektrische lading](#)

[Elektroscoop](#)

[Wet van Coulomb](#)

[Elektrisch veld](#)

[Veldlijnen](#)

[Veldsterkte](#)

[Elektr.energie & spanning](#)

[Versneller](#)

[Toepassingen versneller](#)

[Magnetisme](#)

[Magnetisme & elektriciteit](#)

[Magnetische veldlijnen](#)

[Rechterhandregel draad](#)

[Stroomspoel](#)

[Rechterhandregel spoel](#)

[Magnetische veldsterkte](#)

[Lorentzkracht](#)

[Toepassingen Lorentzkracht](#)

[Magnetische flux](#)

[Inductie](#)

[Wet van Lenz](#)

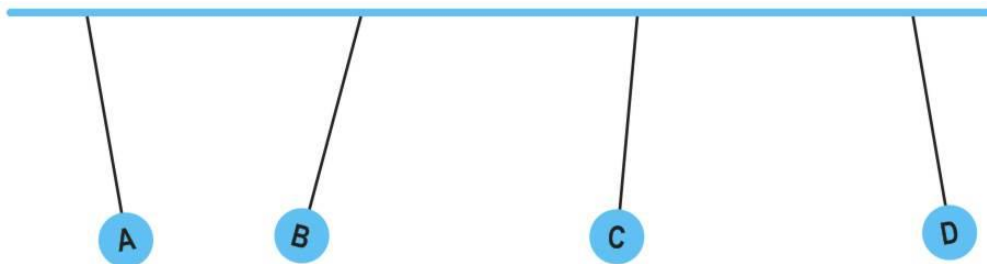
[Fluxverandering](#)

[Dynamo](#)



### 1 Balletjes

Vier piepschuim balletjes hangen ieder aan een dun draadje. Doordat ieder balletje elektrisch geladen is hangen de draadjes niet recht naar beneden. Balletje A is positief geladen. Bereken wat het teken (plus of min) van de lading van de andere balletjes is.



### 2 Elektrische lading

Wat is de lading van...

- Een elektron
- Een chloor ion ( $\text{Cl}^-$ )
- Een tweewaardig ijzer ion ( $\text{Fe}^{2+}$ )

### 3 Plastic staaf

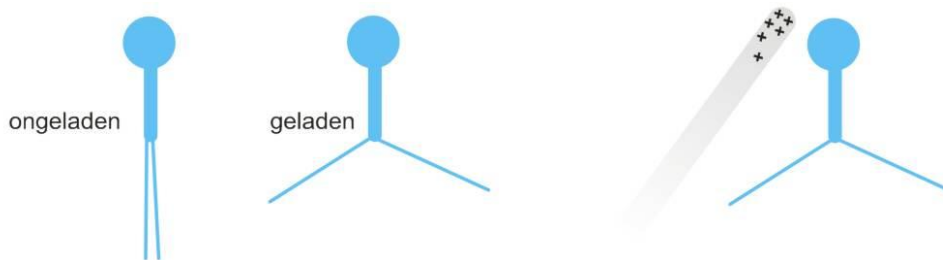
Een plastic staaf wordt met een doek opgewreven en krijgt hierdoor een lading van  $-0,62 \text{ nC}$ .

- Bereken of de elektronen van de doek op de staaf zijn overgegaan of andersom.
- Hoeveel elektronen hebben zich tussen de staaf en de doek verplaatst?
- Wanneer de staaf vervolgens boven een hoopje papiersnipper wordt gehouden trekt de staaf de papiersnipper aan. Leg uit hoe dit kan terwijl de papiersnipper zelf ongeladen zijn.

### 4 Elektroscoop

Een elektroscoop is een instrument waarmee elektrische lading gemeten wordt. Een eenvoudige elektroscoop is geheel gemaakt van metaal en bestaat uit een bol met daaronder twee strookjes aluminiumfolie. Als de elektroscoop ongeladen is hangen de strookjes aluminiumfolie naar beneden, als de elektroscoop elektrisch geladen is gaan de twee strookjes aluminiumfolie uit elkaar staan.

- Leg uit hoe het komt dat de strookjes uit elkaar gaan staan.
- Ook als er een geladen voorwerp in de buurt van de ongeladen elektroscoop gehouden wordt zonder dat deze de elektroscoop aanraakt, gaan de blaadjes uit elkaar staan. Als het voorwerp weer weggehaald wordt gaan de blaadjes weer naar beneden hangen. Leg uit hoe dit kan.



### 5 Wet van Coulomb

Voor de aantrekking- of afstotingskracht tussen geladen voorwerpen geldt de wet van Coulomb (zie onder).

- Bepaald aan de hand van de formule de eenheid van de constante  $f$ . Controleer je antwoord in BINAS tabel 7.
- Bereken de grootte van de kracht tussen een voorwerp met een lading van  $+2,1 \mu\text{C}$  en een voorwerp met een lading van  $-0,80 \mu\text{C}$  op een onderlinge afstand van  $4,0 \text{ cm}$ .
- Boris denkt dat er niks gebeurt als de voorwerpen losgelaten worden. Volgens Boris zijn de richtingen waarin de krachten werken tegengesteld aan elkaar en zullen de krachten elkaar opheffen. Leg uit welke denkfout Boris maakt.

$$F_{el} = f \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$$

$F_{el}$  = aantrekkings- of afstotingskracht (N)

$f = 8,987551787 \cdot 10^9$  (...)

$q, Q$  = elektrische lading (C)

$r$  = afstand (m)

## 6 Veldsterkte

Bereken in elk van onderstaande situatie de grootte en richting van de veldsterkte.

- Een lading van +0,30 mC ondervindt een kracht van 0,15 N naar rechts.
- Een lading van + 1,0 C ondervindt een kracht van 23 N naar boven.
- Een lading van -6,5  $\mu$ C ondervindt een kracht van 4,0 mN naar rechts.
- Een lading van +8,0 nC wordt naar links getrokken door een metalen bol met een lading van -5,5 nC op een afstand van 12 cm.

## 7 Radiaal veld

In de buurt van een positief geladen metalen bol bevindt zich de punten p en q.

- Teken in de afbeelding hieronder de veldlijnen die bij het door de metalen bol opgewekte veld horen. Teken hierbij ook de veldlijnen die door punten p en q lopen.
- Punt p bevindt zich op 20 cm rechts van de bol. De elektrische veldsterkte in punt p bedraagt  $230 \text{ NC}^{-1}$  naar rechts. Bereken de lading van de bol.
- Bepaal de elektrische veldsterkte in punt q.

q •

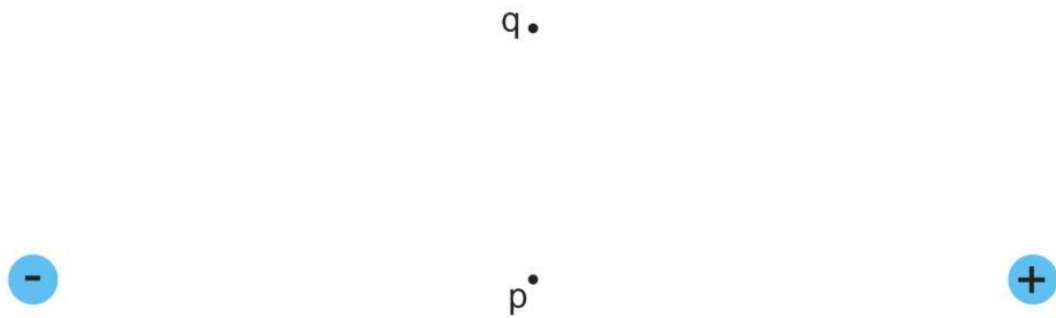


p •

## 8 Twee ladingen

Twee geladen voorwerpen met ladingen van +0,30 nC en -0,30 nC bevinden zich op een afstand van 10 cm van elkaar. In punt p, midden tussen de ladingen, wordt een denkbeeldige proeflading van +1,0 C geplaatst.

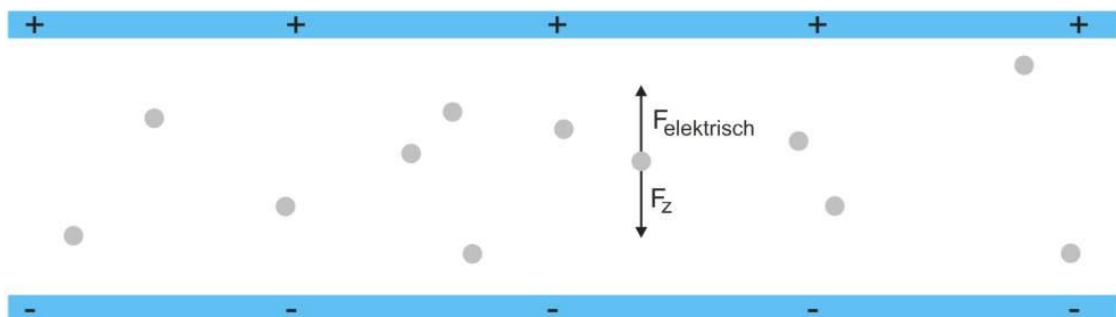
- Bereken de grootte van de kracht van de linker lading op de proeflading.
- Beredeneer (geen berekening) hoe groot de kracht van de rechter lading op de proeflading is.
- Bepaal de grootte en richting van de resulterende kracht op de proeflading.
- Bepaal de grootte en richting van de veldsterkte op punt p.
- Bepaal de grootte en de richting van de veldsterkte in punt q, 2,5 cm boven punt p. Bepaal hiervoor eerst de twee krachten en bepaal vervolgens de somkracht.



### 9 Millikan

De lading van het elektron is voor het eerst bepaald door Robert A. Millikan. Hij bracht hiervoor een fijne nevel van minuscule geladen oliedruppeltjes in een nauwkeurig regelbaar homogeen veld tussen twee geladen platen (zie afbeelding hieronder). Met een microscoop kon hij ieder druppeltje individueel bestuderen. Door de elektrische kracht op een druppeltje gelijk te maken aan de zwaartekracht kon hij een druppeltje laten zweven. Uit de veldsterkte waarbij dit gebeurde kon hij vervolgens de lading van het druppeltje bepalen.

- Teken de veldlijnen in onderstaande afbeelding.
- Beredeneer of de druppeltjes positief of negatief geladen waren.
- Voor het laten zweven van een druppeltje met een massa van  $4,167 \text{ pg}$  (picogram) bleek een elektrisch veldsterkte van  $2630 \text{ NC}^{-1}$  nodig. Bereken de elektrische kracht op dit druppeltje.
- Bereken de lading van dit druppeltje.
- Leg uit hoe Millikan door het meten van een groot aantal druppeltjes met ieder een andere lading de lading het elektron kon bepalen.
- Hoe groot is het elektronentekort of -overschot van dit druppeltje?



### 10 Veldmodel

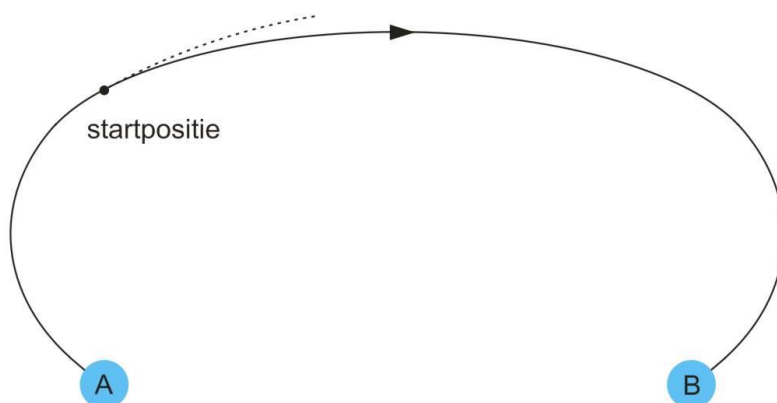
Silke wil weten wat er gebeurt als een positief geladen deeltje wordt losgelaten in een elektrisch veld veroorzaakt door een positieve lading A en een negatieve lading B. Ze heeft van te voren bepaald hoe de elektrische veldlijn loopt door het punt waar het geladen

deeltje wordt losgelaten (zie onder). Haar verwachting is dat het deeltje de veldlijn zal volgen naar lading B. Om uit te rekenen of dit inderdaad is wat er gaat gebeuren heeft Silke onderstaand rekenmodel gemaakt. Bij alle stappen wordt zowel de x-richting als de y-richting uitgerekend. Alle variabelen hebben dus een grootte én een richting.

- Leg uit waarom zowel de x- als de y-richting moet worden uitgerekend.
- In welke rekenstappen wordt de wet van Coulomb gebruikt?
- In welke rekenstap wordt de massa van het deeltje gebruikt? Geef de berekening die bij deze rekenstap gedaan moet worden.
- Als Silke haar model laat rekenen blijkt het deeltje niet de veldlijn te volgen maar af te wijken (zie stippellijn). Leg uit waardoor dit komt.
- Hoe zou Silke haar model moeten aanpassen zodat wél de elektrische veldlijn gevolgd wordt?

1	Bereken de afstand van het deeltje tot lading A	<b>Deeltje</b> massa = 1,0 g lading = $1,0 \cdot 10^{-9}$ C startpositie = (-5,5) startsnellheid = (0,0)
2	Bereken de afstand van het deeltje tot lading B	
3	Bereken de kracht van lading A op het deeltje	
4	Bereken de kracht van lading B op het deeltje	
5	Bereken de resulterende kracht op het deeltje	<b>Ladingen</b> positie A = (-5,0) positie B = (5,0) lading A = $+2,0 \cdot 10^{-2}$ C lading B = $-2,0 \cdot 10^{-2}$ C
6	Bereken de versnelling van de het deeltje	
7	Bereken de snelheid van de het deeltje	
8	Bereken de nieuwe positie van het deeltje	
9	Hoog tijd op en begin opnieuw	tijd = 0 s tijdstapje = 0,1 s

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren](http://natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren)



## 11 Stroomkring

Tussen de twee polen van een batterij heerst een spanningsverschil van  $\Delta U = 9,0$  V.

- Leg uit wat de natuurkundige betekenis is van een spanningsverschil.

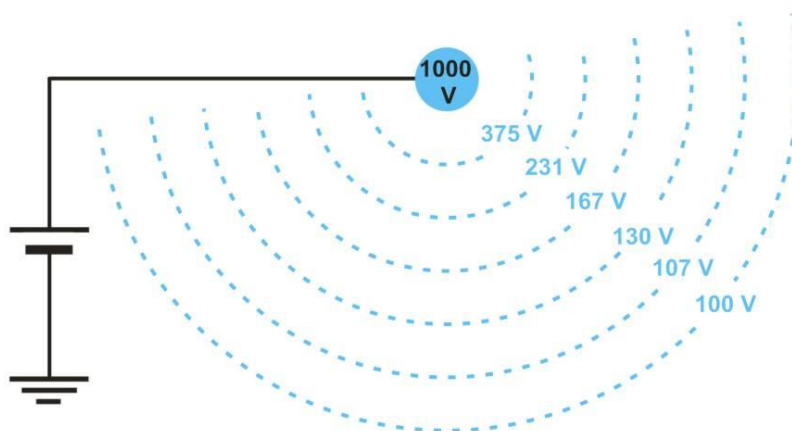
- b Als de batterij op een lampje wordt aangesloten gaat er een stroom van 0,30 A lopen. Hoeveel lading verplaatst zich per seconde door de stroomkring?
- c Bereken hoeveel elektrische energie er per seconde wordt omgezet in een andere energiesoort. Vergelijk je antwoord met het vermogen van het lampje.

## 12 Spanningsveld

*Je hoeft bij deze opgave geen rekening te houden met zwaartekracht en wrijving.*

Op een metalen bol met een diameter van 12 cm staat een spanning van +1000 V. In de afbeelding hieronder staat aangegeven hoe de elektrische spanning op verschillende afstanden afneemt in stapjes van 10 cm gemeten vanaf het oppervlak van de bol. Hoe verder van de bol hoe lager de spanning. Op grote afstand nadert de spanning 0 V.

- a Leg uit of de bol positief of negatief geladen is.
- b Een alfadeeltje (massa 4 u en lading +2 e) bevindt zich op het oppervlak van de bol. Als het alfadeeltje wordt losgelaten vliegt het weg van de bol. Bereken de kinetische energie als het deeltje 30 cm heeft afgelegd.
- c Bereken de snelheid van het alfadeeltje op dit moment.
- d Bereken de snelheid die het alfadeeltje uiteindelijk zal bereiken.
- e Een elektron wordt vanaf grote afstand door de bol aangetrokken. Bereken de snelheid waarmee het elektron op de bol botst.



## 13 Versnelspanning

*Je hoeft bij deze opgave geen rekening te houden met zwaartekracht en wrijving.*

Twee metalen platen bevinden zich op een afstand van 6,0 cm van elkaar. Op één van de platen bevindt zich een elektron. Tussen de platen wordt een spanning van 1,2 kV gezet waardoor tussen de platen een homogeen elektrisch veld ontstaat en het elektron gaat versnellen en van de ene naar de andere plaat beweegt.

- a Bereken de hoeveelheid elektrische energie hierbij die wordt omgezet in kinetische energie.
- b Bereken de snelheid waarmee het elektron de andere plaat bereikt.
- c Bereken de grootte van de kracht die tijdens het versnellen op het elektron werkt. Stel

hiervoor de verrichtte arbeid gelijk aan de energieverandering die je bij vraag a berekend hebt.

- d Bereken de veldsterkte tussen de platen.
- e Voor de grootte van de veldsterkte in een homogeen veld tussen twee platen geldt onderstaande formule. Leidt deze formule af uit de formules voor elektrische veldsterkte en de verrichtte arbeid.

$$E = \frac{\Delta U}{d}$$

$E$  = grootte veldsterkte ( $\text{NC}^{-1}$ )

$\Delta U$  = spanningsverschil tussen platen (V)

$d$  = afstand tussen platen (m)

## 14 Elektronvolt

In de natuurkunde wordt voor energie ook de eenheid elektronvolt gebruikt (afkorting: eV) in plaats van de Joule (J). De definitie van een elektronvolt staat hieronder.

*Een elektronvolt is energieverandering die een deeltje met een lading gelijk aan die van een elektron ondervindt bij het overbruggen van een spanningsverschil van 1 volt.*

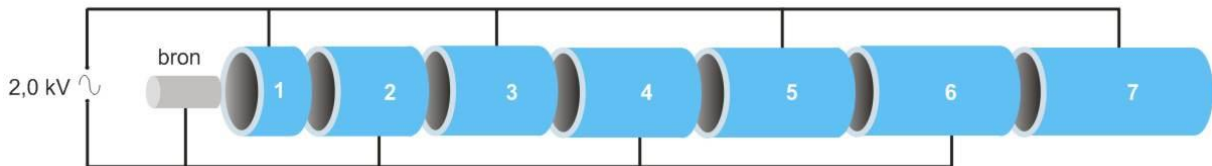
- a Bereken energieverandering van een elektron bij het overbruggen van een spanningsverschil van 1 volt.
- b Zoek in de elektronvolt op in BINAS tabel 5 en vergelijk dit met je antwoord op de vorige vraag.
- c Een elektron wordt in een versneller bestaande uit twee geladen platen met een spanning van 2,2 kV versneld. Bereken de kinetische energie die het elektron hierbij krijgt in eV.
- d De elektronvolt wordt voornamelijk in de atoom- kern- en deeltjesfysica gebruikt als eenheid van energie en vrijwel nooit in andere gebieden van de natuurkunde. Leg uit waarom.

## 15 Lineaire versneller

In een lineaire versneller worden deeltjes in stapjes versneld. De deeltjes ontstaan in een bron met een metalen omhulsel en vliegen achtereenvolgens door verschillende buizen waarbij de spanning bij tussen de achtereenvolgende buisjes steeds wisselt (zie afbeelding hieronder). Voor het versnellen van protonen wordt een wisselspanning met een frequentie van 2,7 MHz gebruikt waarbij de gemiddelde grootte van de spanning van 2,0 kV bedraagt.

- a De gehele versneller bevindt zich in een vacuüm. Leg uit waarom dit belangrijk is.
- b Waar vind de versnelling plaats? Binnen de buizen of tussen de buizen?
- c Bereken de snelheid die de protonen hebben als ze uit buisje 1 komen. Je mag er vanuit gaan dat de protonen met een verwaarloosbare beginsnelheid uit de bron komen.

- d Bereken de snelheid van de protonen als ze uit buisje 7 komen.
- e Bereken hoe lang buisje 7 moet zijn om ervoor te zorgen dat de protonen op het juiste moment nog een laatste zetje na krijgen.
- f Om dezelfde versneller te gebruiken voor het versnellen van  $\text{He}^{2+}$  moet de frequentie aangepast worden. Bereken welke frequentie nodig is voor het versnellen van  $\text{He}^{2+}$ -deeltjes.



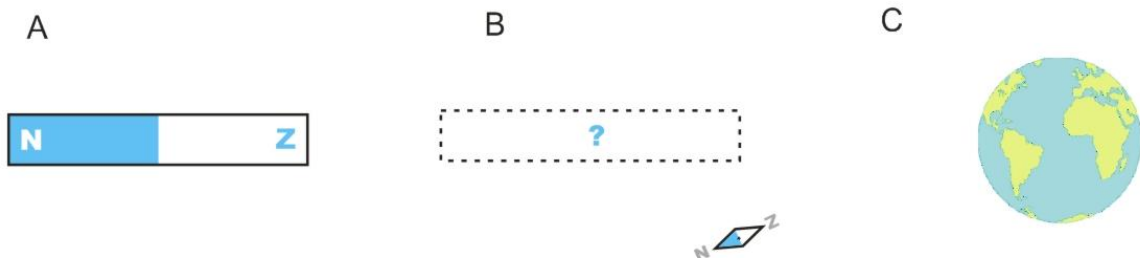
### 16 Magneten

Twee ijzeren staafjes trekken elkaar aan als de uiteinde bij elkaar worden gehouden. Als één van de staven wordt omgedraaid blijken de staven elkaar óók aan te trekken. Daan concludeert hieruit dat het dus niet door magnetisme komt maar door iets anders. Magneten zouden elkaar namelijk afstoten als één van de twee magneten wordt omgedraaid.

- a Leg uit waarom Daan geen gelijk heeft en dat het verschijnsel verklaard kan worden door aan te nemen dat één van de staafjes magnetisch is en de ander niet.
- b Hoe zou je, zonder andere hulpmiddelen, kunnen uitvinden welk van de twee staafjes magnetisch is en welke niet?

### 17 Magneetveld

Teken de magnetische veldlijnen in onderstaande situaties. Geef bij iedere veldlijn ook de richting aan. Bepaal bij opgave B eerst aan de hand van het kompasje aan welke kant de noord- en zuidpool van de magneet liggen.



### 18 Veldlijnen

Elektrische en magnetische verschillen van elkaar in hun eigenschappen en in hun betekenis. Zet in onderstaande tabel een kruisje op de juiste plaats. Sommige eigenschappen gelden voor beide soorten veldlijnen.



Eigenschap / Betekenis	Elektrische veldlijnen	Magnetische veldlijnen
Hebben een begin en een einde		
Geven de richting aan waarin een kompasje zich richt		
Komen niet voor binnen een geleider		
Hoe dichter op elkaar hoe groter de veldsterkte		
Kruizen elkaar nooit		
Staan altijd loodrecht op een geleider		
Geven de richting aan waarin een +lading beweegt		
Zijn gesloten krommen		

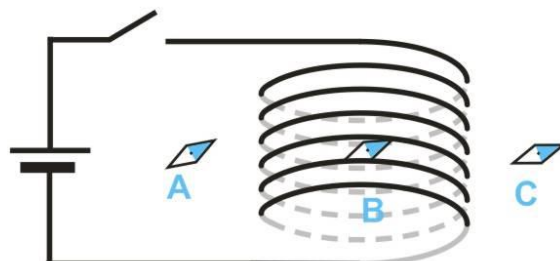
### 19 Rechterhand draad

Bepaal met de rechterhandregel voor stroomdraden de richting van het magnetische veld op de plaats van het vraagteken. Kies uit links, recht, boven, beneden, papier in, of papier uit.



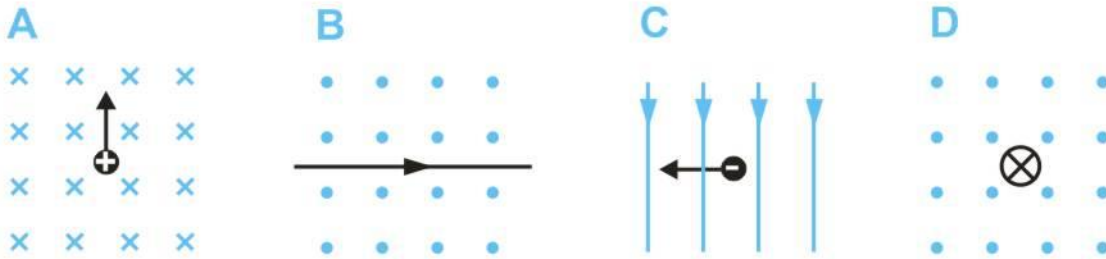
### 20 Rechterhand spoel

Een spoel is op een batterij aangesloten volgens onderstaande schakeling. In en rond de spoel bevinden zich een aantal kompasnaaldjes. Bereken van elk kompasnaaldje in welke richting de noordpool zal gaan wijzen als de schakelaar gesloten wordt.



### 21 Linkerhand

In een magneetveld bevindt zich steeds een stroomdraad of een bewegend geladen deeltje. Bepaal in elke van onderstaande situaties de richting van de Lorentzkracht.



## 22 Lorentzkracht

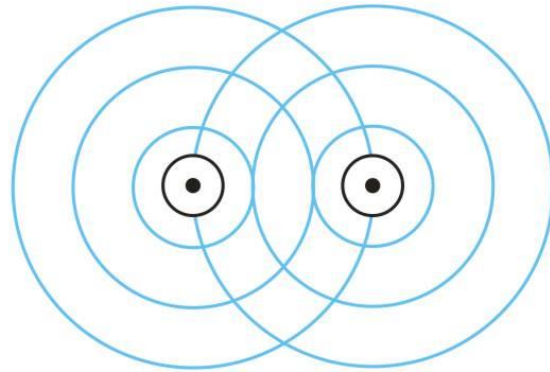
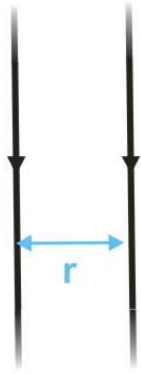
Bereken in elk van onderstaande situaties de grootte van de Lorentzkracht. Het magneetveld staat steeds loodrecht op de stroomrichting of de snelheid van het deeltje.

- Door een draad met een lengte van 30 cm in een magneetveld van 0,40 T loopt een stroom van 2,0 A.
- Een proton beweegt zich met  $7,2 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$  door een magneetveld van 1,3 T.
- Leg uit (geen berekening) dat de grootte van de Lorentzkracht in de vorige situatie hetzelfde zou zijn als de vraag over een elektron zou gaan.
- Geef twee redenen waarom, ondanks de even grote Lorentzkracht, het effect van het magneetveld op de baan van een bewegend proton anders is dan op een elektron.

## 23 Ampère

Door twee parallelle stroomdraden loopt een stroom. In de rechter afbeelding hieronder zijn de stroomdraden weergegeven als de draden recht op je af komen met daarbij de door de stroom opgewekte magnetische veldlijnen.

- Geef in alle veldlijnen de richting aan.
- Bepaal de richting van de Lorentzkracht op ieder van de draden. (Een draad ondervindt geen Lorentzkracht van het door hem zelf opgewekte veld).
- Voor de sterkte van een magneetveld in de buurt van een rechte stroomdraad geldt onderstaande formule. Bereken de Lorentzkracht per meter die werkt bij een stroomsterkte van 1 A en een onderlinge afstand van 1 m (je hoeft hierbij geen rekening te houden met afronden).
- Vergelijk je antwoord met de definitie van de ampère (BINAS tabel 3B).
- Beredeneer wat er zou gebeuren als de stroom in tegengestelde richting zou lopen in de draden.



$$B = \mu \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

B = sterkte magneetveld (T)

$$\mu = 1,25664 \cdot 10^{-6}$$

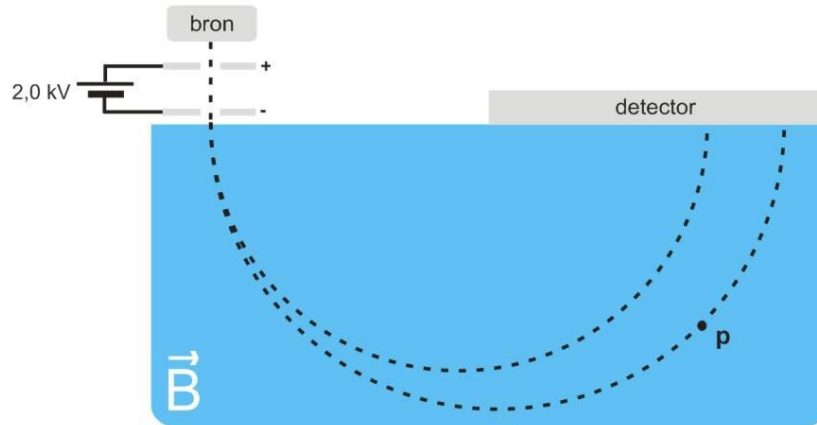
I = stroomsterkte (A)

r = afstand tot draad (m)

## 24 Massaspectrometer

In een massaspectrometer kan de samenstelling van een stof onderzocht worden. De te onderzoeken stof wordt eerst gasvormig gemaakt waarna de moleculen of atomen worden geïoniseerd. Hierna worden ze door twee elektrisch geladen platen versneld. De deeltjes komen vervolgens in een ruimte waar een homogeen magnetisch veld heerst (aangegeven met B in de afbeelding hieronder). Door dit magnetisch veld worden de deeltjes afgebogen. Uit de plaats waar de deeltjes de detector raken kan de straal van de baan bepaald worden waarmee kan worden uitgerekend wat de massa van het deeltje was. De gehele opstelling bevindt zich in vacuüm. In onderstaande massaspectrometer wordt een sample gemeten wat bestaat uit twee soorten atomen: koolstof met atoommassa 12 u en een andere lichtere atoomsoort.

- Geef in de afbeelding in punt p met vectorpijlen de richtingen van de snelheid en de lorentzkracht aan.
- Leid met de linkerhandregel af wat de richting van het magneetveld is en geef dit aan in de afbeelding.
- De massa van de deeltjes kan bepaald worden aan de hand van de straal van de baan aan de hand van onderstaande formule. Leid deze formule af. Aanwijzing: stel eerst een formule op voor de snelheid van het deeltje nadat het versneld is en stel daarna de lorentzkracht gelijk aan de middelpuntzoekende kracht.
- De massaspectrometer stond ingesteld op een versnelspanning van 2,0 kV en een magnetisch veldsterkte van 0,035 T. Bereken de straal van de baan van de koolstofatomen. Ga er vanuit dat tweewaardig geïoniseerde atomen zijn gebruikt ( $^{2+}$ ).
- Bepaal de massa van de lichtere atoomsoort aan de hand van de straal van de baan. Welke atoomsoort zou dit kunnen zijn?



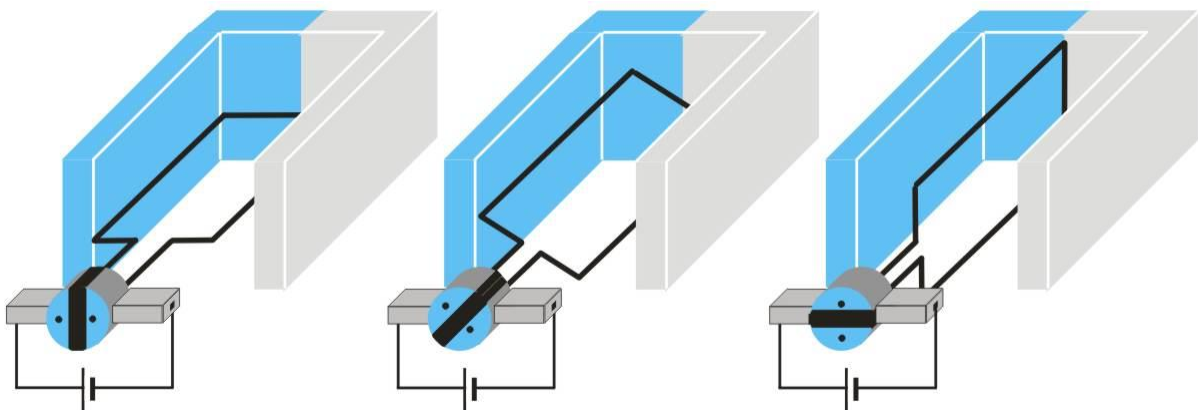
$$m = \frac{B^2 \cdot q \cdot r^2}{2U}$$

- m = massa deeltje (kg)
- B = sterkte magneetveld (T)
- q = lading deeltje (C)
- r = straal baan (m)
- U = versnelspanning (V)

## 25 Elektromotor

Een elektromotor bestaat uit een draaibaar draadraam van 4,0 cm bij 1,5 cm in een permanente magneetveld van 0,16 T. Door het draadraam loopt een stroom van 2,0 A. De drie afbeeldingen hieronder stellen opeenvolgende stadia voor tijdens een kwart omwenteling.

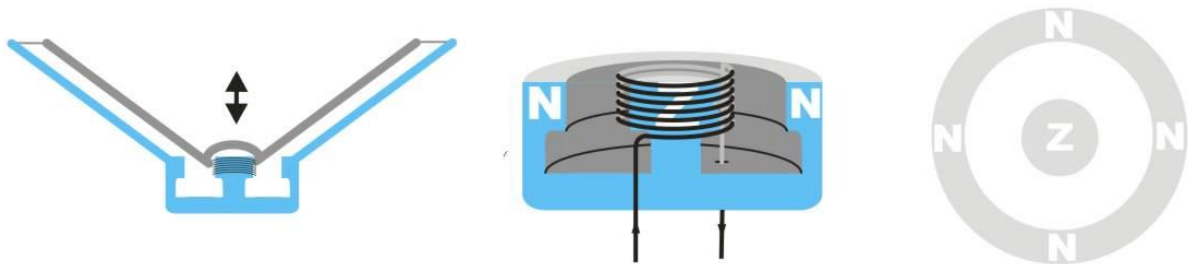
- a Teken in de linker afbeelding de stroomrichting in het draadraam en de richting van de lorentzkracht op lange zijden van het draadraam. Bepaal aan de hand hiervan de richting van het magneetveld en teken de magnetische veldlijnen.
- b Bereken de grootte van de lorentzkracht op de lange zijde voor elk van de drie stadia.
- c Leg uit waarom de lorentzkracht op de korte zijde geen invloed uitoefent op het draaien van het draadraam.
- d In welk van de drie stadia is de motor op zijn sterkst? Leg uit.



## 26 Luidspreker

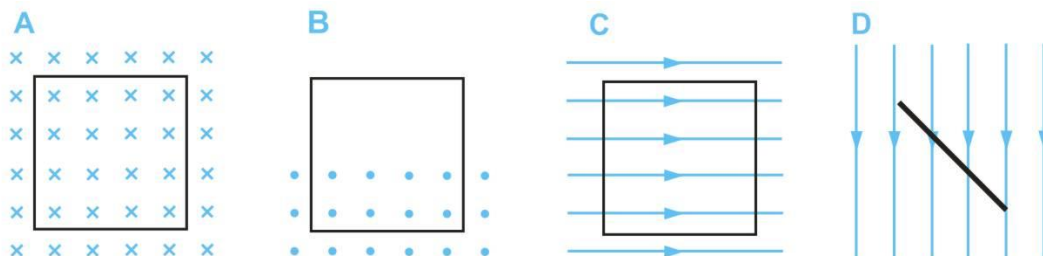
Een luidspreker bestaat uit een ringvormige permanente magneet met daarin een spoel. Zodra er stroom doorheen loopt wordt de spoel door het heersende magnetenveld naar binnen of buiten gedrukt. Aan de spoel zit een trechtervormig conus vast die met de spoel meebeweegt. Als een wisselstroom door de spoel loopt gaat de conus met dezelfde frequentie bewegen. De drukgolven in die hierbij worden opgewekt resulteren uiteindelijk in geluid. Hieronder staat de luidspreker schematisch weergegeven. In werkelijkheid bestaat de spoel uit 120 wikkelingen en heeft een diameter van 4,0 cm

- In de rechter afbeelding staat een bovenaanzicht van de ringvormige magneet. Teken in de afbeelding de magnetische veldlijnen.
- Het magnetische veld van de permanente magneten is niet homogeen, maar toch mag het magnetenveld op de plaats van de spoeldraden constant beschouwd worden. Leg uit waarom.
- Bepaal de richting (naar binnen of naar buiten) waarin de conus gedrukt wordt bij een stroom in de in de tekening aangegeven richting.
- Bereken de kracht die op de conus wordt uitgeoefend bij een stroomsterkte van 70 mA. Ga hierbij uit van een magnetische veldsterkte van 0,23 T op de positie van de spoel.



## 27 Flux

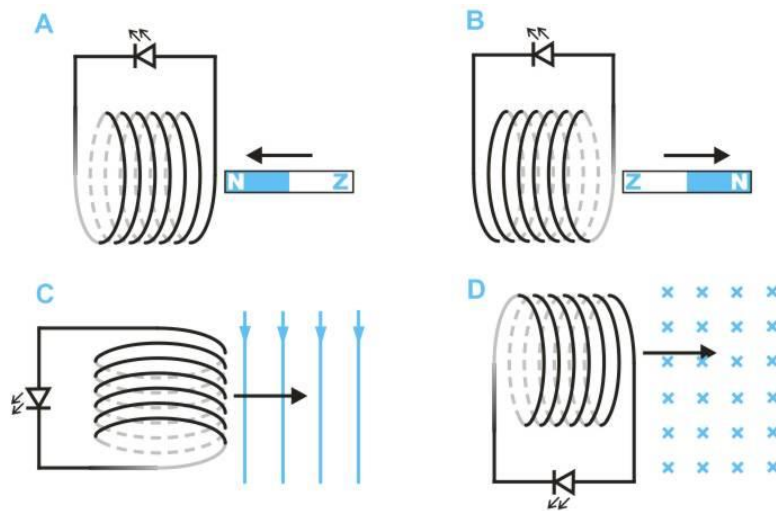
Bereken voor elk van onderstaande situaties de grootte van de magnetische flux door het draadraam. Het magnetenveld heeft een sterkte 0,50 T en het draadraam is 4,0 bij 4,0 cm in elk van de situaties.



## 28 Wet van Lenz

De *wet van Lenz* is een hulpmiddel om te bepalen in welke richting een opgewekte inductiestroom loopt: Stroom loopt in die richting waarbij de oorzaak van zijn ontstaan wordt tegengewerkt. Als de oorzaak van een inductiestroom bijvoorbeeld een groter wordend magneetveld binnen een spoel is, dan zal de inductiestroom in de richting lopen waarbij in de spoel een magneetveld de andere kant op wordt opgewekt.

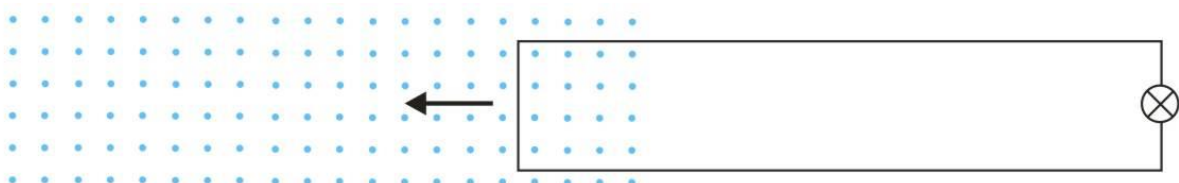
Een LED is een lampje waar alleen stroom kan lopen in één richting. In de andere richting wordt de stroom geblokkeerd en zal de LED niet branden. De stroomrichting waarbij de LED brandt wordt aangewezen door het driehoekje in het symbool voor de LED. Bepaal voor elk van onderstaande situaties met behulp van de wet van Lenz of de LED gaat branden of niet.



## 29 Fluxverandering

In een rechthoekig draadraam van 50 bij 10 cm is een lampje met een weerstand van  $20 \Omega$  opgenomen. Het draadraam wordt met een constante snelheid van  $0,30 \text{ ms}^{-1}$  in een homogeen magneetveld met een veldsterkte van  $0,22 \text{ T}$  geduwd.

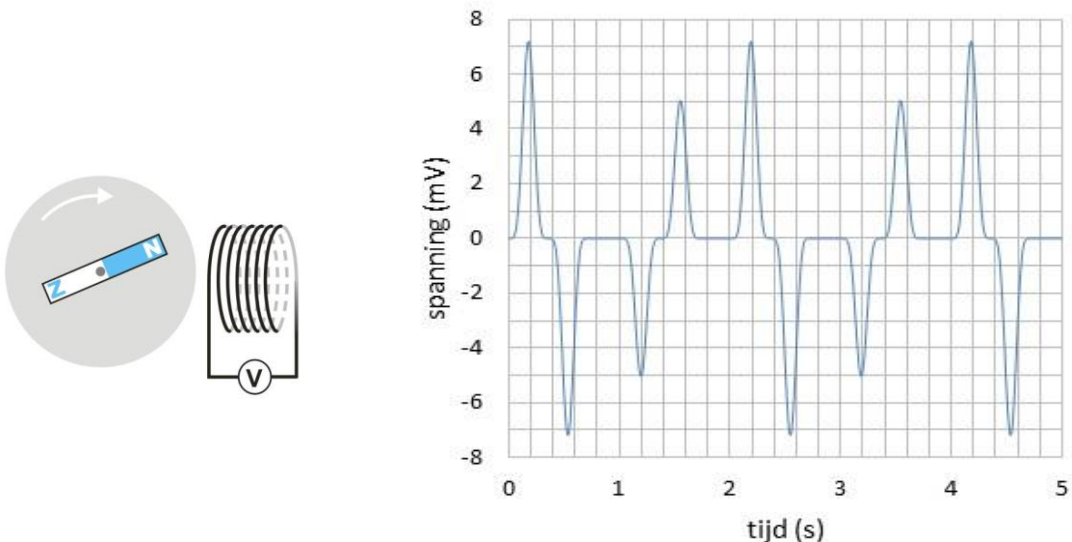
- Bereken hoeveel de flux door het draadraam per seconde toeneemt.
- Bereken de inductiespanning die in het draadraam wordt opgewekt.
- Tijdens het duwen wordt het draadraam tegengewerkt door de lorentzkracht die op het linker gedeelte van het draadraam werkt. Bereken de stroomsterkte in het draadraam en bepaal aan de hand van de lorentzkracht de richting waarin deze stroom loopt.
- Bereken de totale kracht die op het draadraam werkt t.g.v. de lorentzkracht.
- Laat met een berekening zien dat het bij het duwen geleverde vermogen gelijk is aan het door het lampje verbruikte vermogen.



### 30 Dynamo

Bart en Vera hebben zelf een eenvoudige dynamo gebouwd van een draaiende schijf met daarop een staafmagneet en een spoel. Met een voltmeter aangesloten op een computer meten ze de opgewekte inductiespanning als functie van de tijd. Bij het monteren van de magneet zijn Bart en Vera niet heel precies geweest. De noordpool van de magneet zit dichter bij de rand van de schijf dan de zuidpool.

- Geef in de grafiek de momenten aan dat een magneetpool zich recht voor de spoel bevindt. Gebruik een 'N' of 'Z' om aan te geven om welke pool het gaat.
- Bepaal uit de grafiek de omlooptijd van magneet.
- Bart en Vera willen een lampje laten branden op hun dynamo maar ontdekken dat de opgewekte spanning hiervoor te laag is. Bart wil dit oplossen door de magneet sneller laten draaien. Vera denkt dat hierdoor alleen de frequentie van de spanning zal toenemen maar niet de grootte van de spanning. Leg uit wie er gelijk heeft.
- Bepaal de grootte van de maximale inductiespanning bij een omlooptijd van 0,80 s.



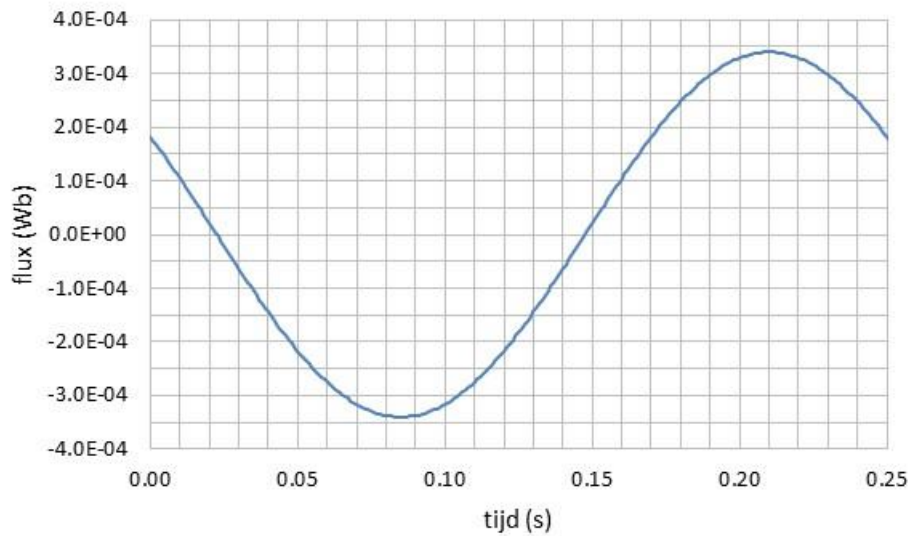
### 31 Draaiend spoeltje

Een cilindervormig spoeltje bestaande uit 85 wikkelingen draait rond in een homogeen magneetveld van 0,19 T. In de grafiek hieronder staat de flux door de spoel als functie van de tijd.

- Bereken de diameter van de spoel. Bepaal hiervoor eerst uit de grafiek de maximale flux.
- Bepaal de maximale grootte van de in de spoel opgewekte inductiespanning.
- De hoogte van de opgewekt spanning wordt bepaald door drie grootheden:
  - Aantal wikkelingen
  - Spoeldiameter
  - Draaifrequentie

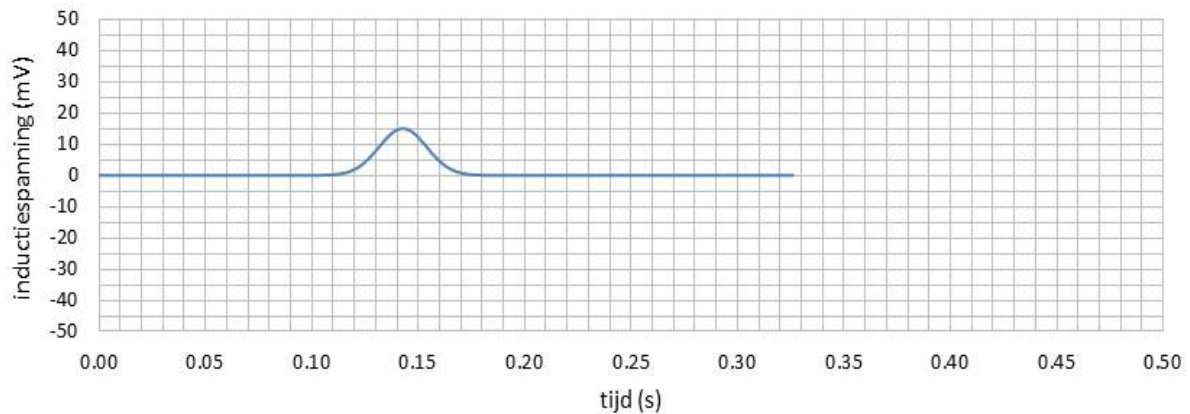
Ga voor elk van deze drie grootheden na wat voor soort verband er bestaat met de

resulterende spanning.



### 32 Vallende magneet

Karlijn laat een klein staafmagneetje door een lange spoel heen vallen. De magneet wordt op  $t = 0$  s losgelaten op 10 cm boven de ingang van de spoel. De lengte van de spoel is 85 cm. In de grafiek hieronder staat de opgewekte inductiespanning tot halverwege de spoel. Teken het vervolg van de grafiek. Je mag hierbij de afmeting van het magneetje zelf verwaarlozen en ervan uitgaan dat zwaartekracht de enige kracht is die op het magneetje werkt.





**ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN**

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

**2 Elektrische lading**

- a  $-1,602176565 \cdot 10^{-19}$  C
- b  $-1,602176565 \cdot 10^{-19}$  C
- c  $3,20435313 \cdot 10^{-19}$  C

**3 Plastic staaf**

- b  $3,9 \cdot 10^9$  elektronen

**5 Wet van Coulomb**

- b 9,4 N

**6 Veldsterkte**

- a  $5,0 \cdot 10^2$  NC<sup>-1</sup> →
- b  $23$  NC<sup>-1</sup> ↑
- c  $6,2 \cdot 10^2$  NC<sup>-1</sup> ←
- d  $3,4 \cdot 10^3$  NC<sup>-1</sup> ←

**7 Radiaal veld**

- b 1,0 nC
- c  $9,2 \cdot 10^2$  NC<sup>-1</sup> ↑

**8 Twee ladingen**

- a  $1,1 \cdot 10^3$  N
- b  $1,1 \cdot 10^3$  N
- c  $2,2 \cdot 10^3$  N ←
- d  $2,2 \cdot 10^3$  NC<sup>-1</sup> ←
- e  $1,5 \cdot 10^3$  NC<sup>-1</sup> ←

**9 Millikan**

- c  $4,09 \cdot 10^{-14}$  N
- d  $1,55 \cdot 10^{-17}$  C
- f 97 elektronen

**11 Stroomkring**

- b 0,30 C
- c 2,7 J / 2,7 W

**12 Spanningsveld**

- b  $2,67 \cdot 10^{-16}$  J
- c  $2,83 \cdot 10^5$  ms<sup>-1</sup>
- d  $1,88 \cdot 10^7$  ms<sup>-1</sup>

**13 Versnelspanning**

- a  $1,9 \cdot 10^{-16}$  J
- b  $2,1 \cdot 10^7$  ms<sup>-1</sup>
- c  $3,2 \cdot 10^{-15}$  N
- d  $2,0 \cdot 10^4$  NC<sup>-1</sup>

**14 Elektronvolt**

- a  $1,602176565 \cdot 10^{-19}$  J
- c 2,2 keV

**15 Lineaire versneller**

- c  $6,2 \cdot 10^5$  ms<sup>-1</sup>
- d  $1,2 \cdot 10^6$  ms<sup>-1</sup>
- e 30 cm
- f 1,9 MHz

**22 Lorentzkracht**

- a 0,24 N
- b  $1,5 \cdot 10^{-14}$  N

**23 Ampère**

- c  $2 \cdot 10^{-7}$  N

**24 Massaspectrometer**

- d 45 cm
- e  $1,5 \cdot 10^{-26}$  kg = 9 u

**25 Elektromotor**

- b  $1,3 \cdot 10^{-2}$  N per zijde

**26 Luidspreker**

- d 0,24 N

**27 Flux**

- a  $8,0 \cdot 10^{-4}$  Wb
- b  $4,0 \cdot 10^{-4}$  Wb
- c 0 Wb
- d  $5,7 \cdot 10^{-4}$  Wb

**29 Fluxverandering**

- a  $6,6 \cdot 10^{-3}$  Wbs<sup>-1</sup>
- b 6,6 mV
- c 0,33 mA
- d  $7,3 \cdot 10^{-3}$  N

**30 Dynamo**

- b 2,0 s
- d 18 mV

**31 Draaiend spoeltje**

- a 4,8 cm
- b 4,0 Hz
- c 0,72 V

