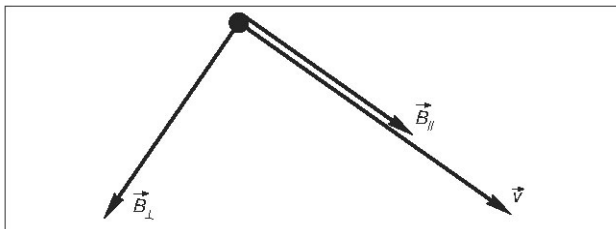


Deze toets bestaat uit 3 opgaven (32 punten). Gebruik eigen grafische rekenmachine en BINAS toegestaan. Veel succes!

**Opgave 1: Afbuigen van geladen deeltjes (3p + 3p)**

Een proton komt vanuit de ruimte met 20 000 km/h in het magnetische veld van de aarde. Op een bepaalde plaats heeft dat veld een sterkte van  $4,0 \cdot 10^{-5}$  T evenwijdig aan de snelheid en een sterkte van  $4,5 \cdot 10^{-5}$  T loodrecht op de snelheid. Zie figuur 1.



- Bereken de lorentzkracht op dit deeltje.
- Leg uit hoe de lorentzkracht gericht is. Schrijf als uitleg duidelijk op je blaadje in welke richting de andere grootheden werken en welke regel je hebt

gebruikt.

Figuur 1: Aardmagnetisch veld

**Opgave 2: Zweven (3p + 3p + 2p + 5p)**

Een formule voor de elektrische veldsterkte  $\mathcal{E}$  tussen twee metalen platen is

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

met  $U$  de spanning tussen de platen (in V) en  $d$  de afstand tussen de platen (in m).

Tussen twee horizontale metalen platen (onderlinge afstand 5,0 cm) heerst een homogeen elektrisch veld met veldsterkte  $5,0 \cdot 10^9$  V/m. Daarbij lopen de veldlijnen verticaal van boven naar beneden. Een oliedruppeltje met een massa van 18,0 mg blijkt in dit veld te blijven zweven.

- Beredeneer of het oliedruppeltje positief of negatief geladen is. Maak hiertoe eerst een schets van de situatie waarin je de krachten aangeeft die op het druppeltje werken.
- Bereken de grootte van de lading op het oliedruppeltje.

We vervangen nu het oliedruppeltje door een even zwaar druppeltje met tegenovergestelde lading en laten het net onder de bovenste plaat los.

- Bereken de spanning tussen de twee platen.

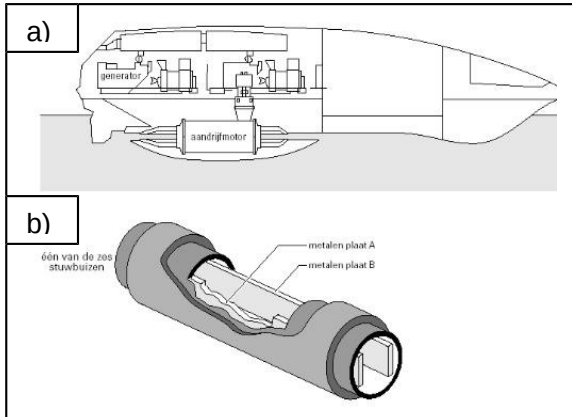
Heb je bij onderdeel b en/of c geen antwoord gevonden, neem dan een lading van

$5,0 \cdot 10^{-14}$  C en/of een spanning van  $2,0 \cdot 10^8$  V.

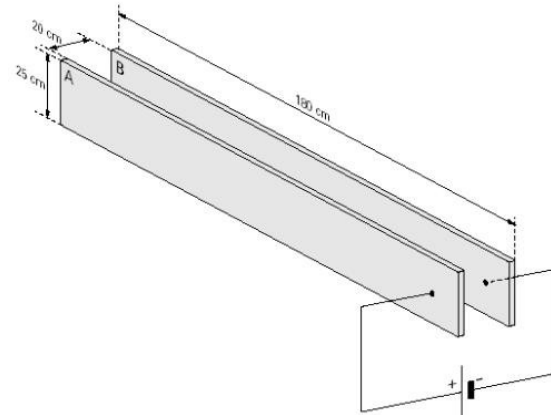
- d) Bereken de snelheid waarmee het druppeltje de onderste plaat bereikt.  
*Tip: bedenk welke soorten energie het deeltje bij de bovenste plaat heeft!*

### Opgave 3: Stuwmotor (2p + 2p + 3p + 2p + 4p)

De Yamato 1 is een zeeschip zonder schroef. Het schip wordt voortgestuwd door de Lorentzkracht. In figuur 2a is een doorsnede van het schip afgebeeld.



stuwmotor      Figuur 3: De binnenkant van de stuwmotor



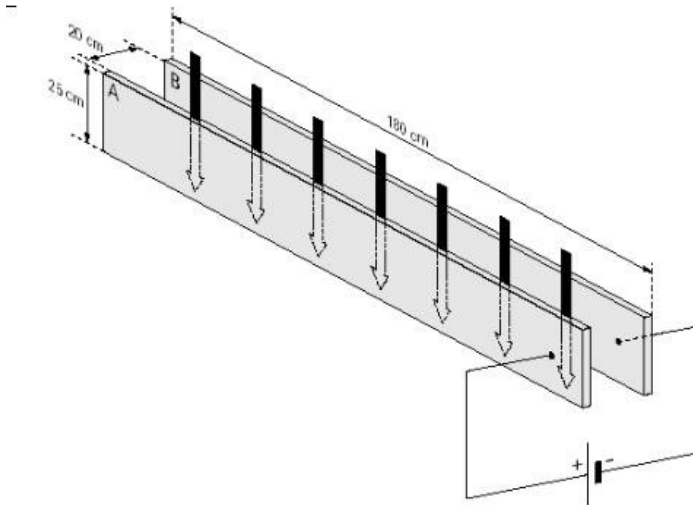
Figuur 2: a) Doorsnede van de boot b) Een

De aandrijfmotor van het schip bevat zes stuwbuizen. Figuur 2b is een opengewerkte tekening van zo'n stuwbuis. De stuwbuizen zijn aan de voor- en achterkant open. Het zeewater kan vrij in en uit de stuwbuis stromen. In elke buis zitten twee identieke metalen platen A en B. Er bevindt zich dus zeewater tussen de platen in de buis.

Op de platen A en B is een spanningsbron aangesloten die een constante spanning levert. Zie figuur 3.

Omdat zeewater een (matige) geleider is, gaat er een stroom lopen tussen plaat A en plaat B. Van plaat A naar plaat B gaat een stroom lopen van 4,0 kA. De afmetingen van de platen zijn aangegeven in figuur 4 (25 cm x 180 cm). De afstand tussen de platen is 20 cm.

In de hele ruimte tussen de platen wordt een homogeen magnetisch veld aangelegd. Het veld is van boven naar beneden gericht. Dit is in figuur 4 met grote pijlen aangegeven.



Figuur 4: Richting van het magnetische veld

- Leg uit hoe de Lorentzkracht gericht is. Schrijf als uitleg duidelijk op je blaadje in welke richting de andere grootheden werken en welke regel je hebt gebruikt.
- Leg uit hoe de boot gaat bewegen: in de richting van de Lorentzkracht, in tegenovergestelde richting van de Lorentzkracht of loodrecht op de Lorentzkracht?

De grootte van de magnetische inductie is 3,9 T.

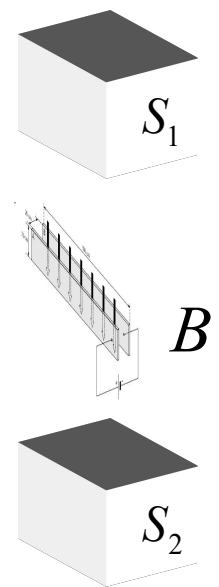
- Bereken de grootte van de Lorentzkracht die opgewekt wordt in één buis.

Het magnetische veld tussen de platen wordt opgewekt door spoelen die zich aan zowel de bovenkant als de onderkant van de platen bevinden. De spoelen zijn zodanig opgesteld dat elk paar spoelen (boven en onder de platen) samen een veld van 3,9 T opwekken tussen deze spoelen. In figuur 5 is zo'n paar spoelen ( $S_1$  en  $S_2$ ) als 'black box' weergegeven, met daartussen het gedeelte van de platen waar de spoelen op werken.

- Teken op je blaadje de spoel die  $S_1$  voorstelt. Geef in de spoel de stroomrichting aan die nodig is om het magnetische veld zoals in figuur 5 naar beneden te laten wijzen. Leg ook uit welke regel je hebt gebruikt om deze richting te bepalen.

Elke spoel is 30 cm lang en heeft 2000 windingen. Ook is elke spoel voorzien van een weekijzeren kern die het veld van de spoel 40 maal versterkt. Verder is de afstand van de spoelen tot de platen verwaarloosbaar klein, zodat je mag aannemen dat het veld van de spoel **rondom** deze spoel hetzelfde is als het veld **in** de spoel.

- Bereken de elektrische stroomsterkte in de spoelen.



Figuur 5: Spoelen

**/EINDE**

## UITWERKING

- 1a) (3p)  
 v omrekenen naar 5556 m/s en opzoeken  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C (=2x ½ p = 1p)  
 nemen van juiste B (de loodrechte): (1p)  
 $F_L = Bqv = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5556 = 4,0 \cdot 10^{-20}$  N (1p)
- 1b) (3p)  
 Inzicht richting v = richting I (1p)  
 Opschrijven B naar linksonder, I naar rechtsonder, LH-regel (1p)  
 Conclusie  $F_L$  papier in (1p)
- 2a) (3p)  
 Tekening met  $F_z$  en  $F_e$ , even groot,  $F_z$  omlaag,  $F_e$  omhoog (1p)  
 Veld naar beneden: bovenste plaat positief (1p)  
 $F_e$  naar boven, dus druppeltje negatief (1p)
- 2b) (3p)  
 $F_z = m \cdot g = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 9,81 = 1,77 \cdot 10^{-4}$  N (1p)  
 $E = F_e/q \rightarrow q = F_e/E$  en  $F_e = F_z = 1,77 \cdot 10^{-4}$  N (1p)  
 $q = 1,77 \cdot 10^{-4} / 5,0 \cdot 10^9 = 3,5 \cdot 10^{-14}$  C (1p)
- 2c) (2p)  
 $U = E \cdot d = 5,0 \cdot 10^9 \cdot 0,050 = 2,5 \cdot 10^8$  V (2p)
- 2d) (5p)  
 Bovenin:  $E_z$  en  $E_e$ , onderin:  $E_k$ , dus  $\Delta E_z + \Delta E_e = \Delta E_k$  (1p)  
 $\Delta E_z = mgh = 18,0 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81 \cdot 0,05 = 8,83 \cdot 10^{-6}$  J (1p)  
 $\Delta E_e = q \cdot U = 3,5 \cdot 10^{-14} \cdot 2,5 \cdot 10^8 = 8,83 \cdot 10^{-6}$  J (1p)  
 (moeten uiteraard gelijk zijn, want in vorige situatie was er evenwicht...)  
 $\Delta E_k = 1,77 \cdot 10^{-5}$  J  $\rightarrow \frac{1}{2} mv^2 = 1,77 \cdot 10^{-5}$  J (1p)  
 $\frac{1}{2} \cdot 18,0 \cdot 10^{-6} \cdot v^2 = 1,77 \cdot 10^{-5} \rightarrow v^2 = 1,96 \rightarrow v = 1,4$  m/s (1p)  
 (Zonder  $E_z$  kom je op 1,4/wortel(2) = 1,0 m/s uit  $\rightarrow$  max. 3 punten)
- 3a) (2p)  
 B naar beneden, stroom van + naar – (= naar achteren), LH-regel (1p)  
 Dus:  $F_L$  naar links. (1p)
- 3b) (2p)  
 lorentzkracht op water naar links  $\rightarrow$  water wordt naar links geduwd (1p)  
 Dus boot precies de andere kant op  $\rightarrow$  'zet af op het water' (1p)
- 3c) (3p)  
 lengte van 'draad' water in veld = 20 cm = 0,20 m (1p)  
 $F_L = B \cdot I \cdot l =$  (1p)  
 $3,9 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 0,20 = 3,1$  kN (1p)
- 3d) (2p) Spoel verticaal tekenen (1p)  
 N onder en Z boven, dus met RH-regel volgt dat stroomrichting voorlangs naar links loopt (1p)
- 3e) (4p)  
 Elke spoel levert helft van veld, dus 1,95 T (1p)  
 Voor spoel zonder kern geldt dan  $B = 1,95 / 40 = 0,04875$  T (1p)  
 Met  $N = 2000$  en  $l = 0,30$  m volgt dan:  $I = 0,04875 \cdot 0,30 / (4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000) = 5,8$  A (2p)

Het wordt nu dus: 1) 6 punten, 2) 13 punten, 3) 13 punten, Totaal 32 punten