

Experiment van Millikan

12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Omschrijven van formule (1) geeft: $\eta = \frac{F_w}{6\pi r v}$.

Dus voor de eenheden geldt: $[\eta] = \frac{[F_w]}{[r][v]} = \frac{\text{N}}{\text{m ms}^{-1}}$.

Invullen van $\text{N} = \text{kg ms}^{-2}$ geeft uiteindelijk: $[\eta] = \frac{\text{kg ms}^{-2}}{\text{m ms}^{-1}} = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$.

- invullen van de eenheden in formule (1) 1
- gebruik van $\text{N} = \text{kg ms}^{-2}$ 1
- completeren van de afleiding 1

Opmerking

Als de kandidaat het tweede scorepunt niet behaalt mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De constante snelheid betekent dat er krachterevenwicht is: $F_w = F_z$.

Invullen van formule (1) en $F_z = mg$ geeft: $6\pi\eta r v = mg$.

Voor de massa van de druppel geldt: $m = \rho_{\text{olie}} V = \rho_{\text{olie}} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$.

Invullen en uitwerken levert dan: $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2g\rho_{\text{olie}}}}$.

- inzicht dat $F_w = F_z$ 1
- gebruik van formule (1) en $F_z = mg$ 1
- gebruik van $\rho = \frac{m}{V}$ en $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ 1
- completeren van de afleiding 1

14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Omschrijven van formule (2) en invullen van de gegevens geeft:

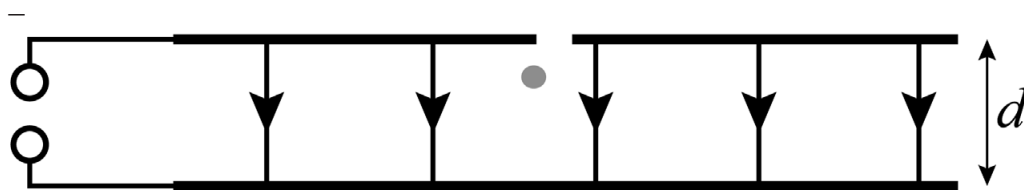
$$\rho_{\text{olie}} = \frac{9\eta v}{2gr^2} = \frac{9 \cdot 1,828 \cdot 10^{-5} \cdot 0,084 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9,81 \cdot (2,7 \cdot 10^{-6})^2} = 9,7 \cdot 10^2 \text{ kg m}^{-3}.$$

- De zwaartekracht op de druppel is gelijk aan $F_z = \rho_{\text{olie}} Vg$. De opwaartse kracht is gelijk aan $F_{\text{op}} = \rho_{\text{lucht}} Vg$. De dichtheid van lucht is veel kleiner dan de dichtheid van de olie. (Dus de opwaartse kracht is verwaarloosbaar ten opzichte van de zwaartekracht.)

- gebruik van formule (2) 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat $F_z \propto \rho_{\text{olie}}$ / inzicht dat $F_{\text{op}} \propto \rho_{\text{lucht}}$ 1
- inzicht dat $\rho_{\text{olie}} \gg \rho_{\text{lucht}}$ 1

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- Invullen van formule (1) geeft: $E = \frac{U}{d} = \frac{5,1 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-3}} = 3,2 \cdot 10^5 \text{ NC}^{-1}$.

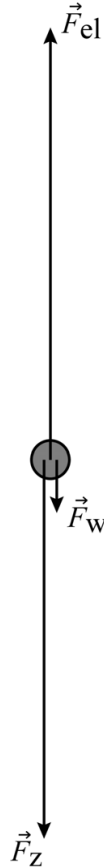
- tekenen van minimaal vijf verticale veldlijnen op gelijke onderlinge afstand 1
- inzicht dat de richting van het veld naar beneden is 1
- gebruik van formule (1) en completeren van de berekening 1

16 maximumscore 5

uitkomst: $2,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ met een marge van $0,1 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

voorbeeld van een antwoord:

–



- De grootte van de zwaartekracht is gelijk aan

$$F_z = mg = \frac{4}{3} \pi (2,7 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 9,7 \cdot 10^2 \cdot 9,81 = 7,8 \cdot 10^{-13} \text{ N}.$$

De grootte van de elektrische kracht volgt uit de tekening en is gelijk aan $8,9 \cdot 10^{-13} \text{ N}$. Voor deze kracht geldt: $F_{el} = qE$. Dus de lading van

de druppel is gelijk aan $q = \frac{F_{el}}{E} = \frac{8,9 \cdot 10^{-13}}{3,2 \cdot 10^5} = 2,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$.

- tekenen van F_{el} zodanig dat $F_{el} = F_z + F_w$ 1
- gebruik van $F_z = mg$, $\rho = \frac{m}{V}$ en $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 1
- bepalen van F_{el} 1
- gebruik van $F_{el} = qE$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

17 maximumscore 3

uitkomst: $1,62 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, met een marge van $0,05 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

voorbeeld van een antwoord:

De afstand tussen twee streepjes is steeds een veelvoud van het elementair ladingsquantum. De kleinste afstand tussen twee streepjes komt dan overeen met het elementair ladingsquantum. Deze kleinste afstand past 33 keer tussen 0 en $160 \cdot 10^{-10} \text{ ESU}$. Dus er geldt:

$$33e = 160 \cdot 10^{-10} \cdot 3,34 \cdot 10^{-10} \text{ C}.$$

Dus $e = 1,62 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

- inzicht dat de kleinste afstand tussen de streepjes overeenkomt met e 1
- omrekenen van ESU naar C 1
- completeren van de bepaling en significantie 1