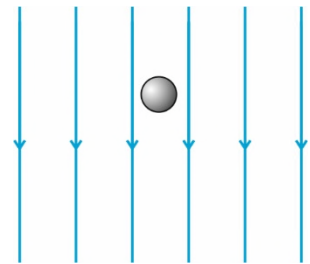


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

**Opgave 1**

De in nevenstaande afbeelding weergegeven elektrische veldlijnen liggen in een verticaal vlak. Dit elektrische veld bevindt zich in een ruimte die vacuüm is.



a) **Leg uit** waaruit blijkt dat er sprake is van een homogeen veld.

De elektrische veldsterkte bedraagt  $2,5 \cdot 10^3 \text{ N/C}$ . In het veld bevindt zich een tempex bolletje met een massa van  $0,51 \text{ mg}$ . Het bolletje blijkt te zweven.

b) **Toon aan** dat het bolletje een negatieve lading heeft.

c) **Bereken** de grootte van de lading die het bolletje heeft.

Het bolletje zou versneld omhoog bewegen als zijn lading groter was dan de onder c) berekende waarde.

d) **Leg uit** waarom het bolletje dan met een constante versnelling zou bewegen.

e) **Bereken** die versnelling voor het geval dat de lading van het bolletje een grootte van  $2,4 \text{ nC}$  heeft.

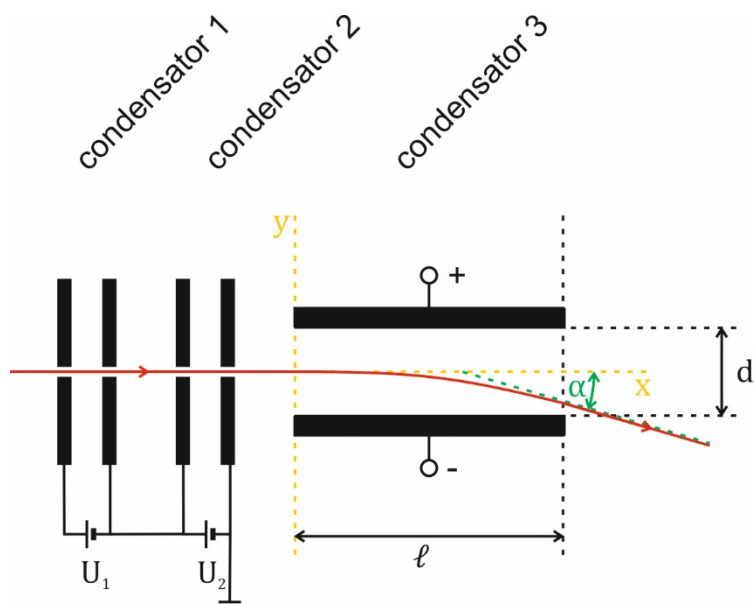
**Opgave 2**

In nevenstaande afbeelding staat een opstelling weergegeven waarmee protonen kunnen worden versneld en afgebogen.

De eerste twee condensatoren doen dienst als versnelcondensatoren en de derde condensator doet dienst als afbuigcondensator.

Bij condensator 1 en condensator 2 is de afstand tussen platen gelijk en bedraagt  $2,5 \text{ cm}$ . De elektrische veldsterkte in condensator 1 is gelijk aan  $40 \text{ kV/m}$  en de elektrische veldsterkte in condensator 2 is gelijk aan  $60 \text{ kN/C}$ .

Je hoeft geen rekening te houden met relativistische effecten.



- a) Laat zien dat de beide eenheden voor de elektrische veldsterkte (N/C en V/m) in elkaar kunnen worden omgeschreven.
- b) **Bereken** de snelheid  $v_2$  van een proton nadat het condensator 2 verlaat. Ga ervan uit dat het proton met verwaarloosbare beginsnelheid in condensator 1 binnenkomt.
- c) **Bereken** de tijd die een proton nodig heeft om in condensator 2 van de linker naar de rechter plaat te komen.

De protonen komen uiteindelijk horizontaal, precies halverwege de platen, in condensator 3. De protonen worden over een hoek  $\alpha$  afgebogen. De afstand ( $d$ ) tussen de platen van condensator 3 is gelijk aan 6,0 cm. De afstand  $\ell$  is gelijk aan 10 cm. Zie bovenstaande afbeelding. De spanning tussen de platen van condensator 3 is gelijk aan  $U_a$  waarbij de potentiaal precies halverwege de platen gelijk is aan 0 V.

Het verband tussen de afbuighoek  $\alpha$  en de afbuigspanning  $U_a$  luidt:

$$\tan(\alpha) = \frac{e \cdot \ell}{v_2^2 \cdot m \cdot d} \cdot U_a$$

- d) **Leid** bovenstaand verband tussen de afbuighoek  $\alpha$  en de afbuigspanning  $U_a$  af. De afbuigspanning wordt zo ingesteld dat de maximaal mogelijke afbuighoek wordt bereikt.
- e) **Bereken** de waarde van  $U_a$  en  $\alpha$  voor dit geval.