

### Aanwijzingen

Voor de toets is 3 ½ uur beschikbaar. Vul op alle ingeleverde vellen uw naam en studentnummer duidelijk in.

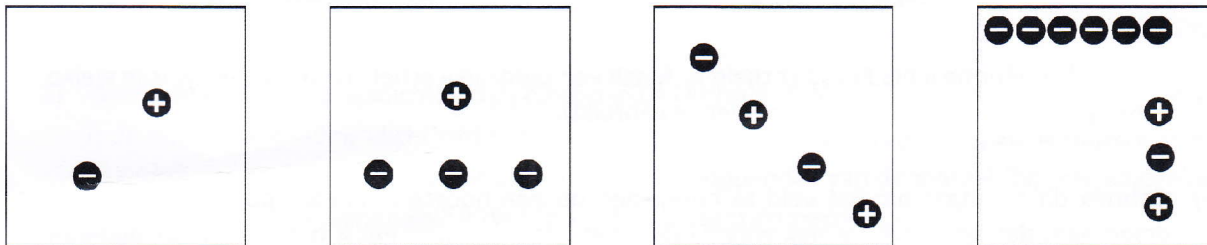
Bij de toets mag een formuleblad gebruikt worden dat maximaal 10 elektrische beschrijvingen bevat. Dit formuleblad moet met het tentamen worden ingeleverd.

Lees voor het beantwoorden de tekst van de opgaven eerst helemaal & zorgvuldig door.

*Het aantal te behalen punten per opgave staat na het vraagnummer.*

### Vraag 1 (20pt/100)

Neem onderstaande vier figuren over en teken in elk de veldlijnen (vorm en richting) voor de gegeven ladingsverdeling. Teken voldoende lijnen om een indruk te geven van de verdeling in de hele ruimte (voorij het kader).



Figuur 1: vier ruimtelijke verdelingen van puntladingen. Alle bolletjes representeren een gelijke eenheid lading.

### Vraag 2 (20pt/100)

Hieronder vind je een tiental stellingen. Geef voor elke stelling aan of ze waar (W) of niet waar (NW) is. Verantwoord je antwoord met minimaal 1 en maximaal 5 zinnen. (Lees aandachtig, elk woord kan belangrijk zijn!)

- Als de lading van alle puntladingen in een ruimte verdubbelt, dan wordt het veld 4 maal zo groot.
- De totale elektrische flux door een gesloten oppervlak wordt bepaald door de vorm van het oppervlak EN door de ingesloten lading.
- De rotatie van een gradiënt van een scalar-veld is altijd nul.
- De kracht die nodig is om twee condensatorplaten van een geladen condensator op een constante afstand van elkaar te houden is evenredig met de lading op de platen.

- e. Aangezien het geen arbeid kost om een lading over een equipotentiaaloppervlak te bewegen, ondervindt de lading daar geen elektrische kracht.
- f. Binnen in een homogeen (positief) geladen bolschil ondervindt een positieve lading een kracht naar het centrum van de bol toe.
- g. De arbeid die nodig is om een lading in een niet-homogeen elektrisch veld van punt A naar punt B te verplaatsen hangt af van de gevolgde weg.
- h. Het elektrische veld binnen in een diëlektricum in een condensator die is verbonden met een spanningsbron, is kleiner dan het veld op die plek zou zijn zonder het diëlektricum.
- i. Bij een overgang tussen een diëlektricum (zonder vrije lading) en het vacuüm blijven grootte en richting van het D-veld ongewijzigd.
- j. Een diëlektricum in een inhomogeen elektrisch veld ondervindt een kracht in de richting van de divergentie van het veld.

**Vraag 3 (30pt/100)**

- a) Laat zien dat het veld op een afstand  $s$  boven het midden van een eindig lijnsegment van lengte  $L$  gelijk is aan:

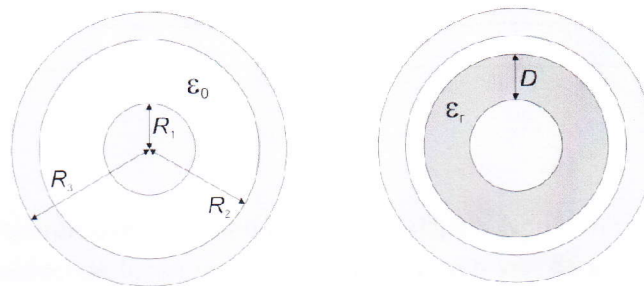


waar  $\lambda$  de uniforme lijnladingsdichtheid is. Maak een duidelijke schets (zodat duidelijk is in welke richting je integreert of welke variabelen je gebruikt).

- b) Gebruik dit resultaat om het veld te berekenen op een hoogte  $z$  midden boven een vierkant draadraam dat ligt in het  $xy$ -vlak waarbij de lengte van de zijdes gelijk is aan  $L$ . Maak opnieuw een schets om aan te geven hoe je parametrizeert.

**Vraag 4 (30pt/100)**

Beschouw een cilindrische *geleidende* staaf met straal  $R_1$  en lengte  $L$  (figuur 2, links). Concentrisch om de staaf heen zit een *geleidende* cilindermantel met binnenstraal  $R_2$  en buitenstraal  $R_3$ , ook met lengte  $L$ . Op de centrale staaf zit een lading  $+Q$ , op de mantel een lading  $-Q$ . Tussen staaf en mantel zit droge lucht, met een permittiviteit  $\epsilon \approx \epsilon_0$ . Neem aan dat  $L \gg R_3$ , zodat je ineffecten kan verwaarlozen en voor de ladings- en veld-verdeling deze cilindercondensator als oneindig lang kan beschouwen.



**Figuur 2:** dwarsdoorsnede van een lege cilindercondensator (links) en dezelfde cilindercondensator, maar nu gedeeltelijk gevuld met een diëlektricum (rechts).

- Wat is de volume-ladingsdichtheid  $\rho_s$  binnen in de centrale staaf en  $\rho_M$  binnen in de mantel? Wat is de oppervlakte ladingsdichtheid  $\sigma_1$  op het oppervlak van de staaf (bij  $s = R_1$ ) en de oppervlakte-ladingsdichtheden  $\sigma_2$  en  $\sigma_3$  op het binnen- en buitenoppervlak van de mantel (bij respectievelijk  $s = R_2$  en  $s = R_3$ )? (De variabele  $s$  is de afstand tot de centrale symmetrie-as.)
- Wat is het elektrische veld  $\mathbf{E}$  in de centrale staaf ( $s < R_1$ ); tussen de staaf en de mantel ( $R_1 < s < R_2$ ); in de mantel ( $R_2 < s < R_3$ ); en tenslotte buiten de mantel ( $R_3 < s$ )?
- Wat is het elektrische potentiaalverschil tussen de centrale staaf en de mantel?
- Wat is de capaciteit  $C_0$  van deze cilindercondensator?
- De staaf wordt nu bekleed met een diëlektrische laag van dikte  $D < R_3 - R_2$  en relatieve diëlektrische constante  $\epsilon_r$  (figuur 2, rechts). De ladingen  $+Q$  en  $-Q$  blijven onveranderd. Wat is nu het  $\mathbf{E}$ -veld binnen in het diëlektricum ( $R_1 < s < R_1 + D$ )? En tussen het diëlektricum en de geleidende buitenmantel ( $R_1 + D < s < R_2$ )?
- Wat is de verhouding  $C/C_0$  tussen de capaciteitswaarde  $C$  mét dit diëlektricum en de capaciteit  $C_0$  zonder?
- In vraag e), hoe groot is de *gebonden* oppervlakte-ladingsdichtheid  $\sigma_{b,i}$  aan de binnenkant van het diëlektricum (bij  $s = R_1$ )? En  $\sigma_{b,o}$  aan de buitenkant (bij  $s = R_1 + D$ )?