

**Aanwijzingen**

Voor de toets zijn **2 uren** beschikbaar. Vul op alle ingeleverde vellen uw naam en studentnummer duidelijk in.

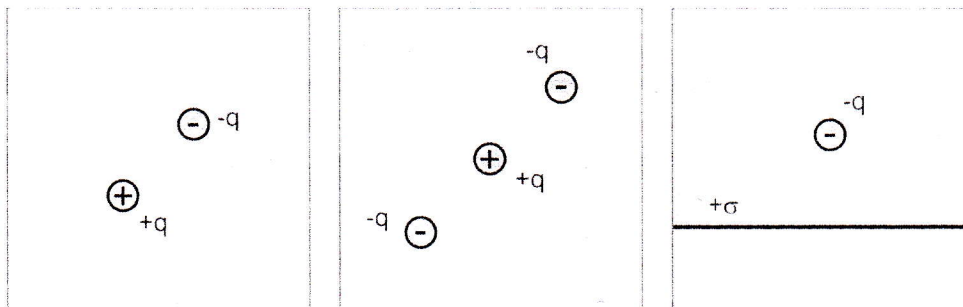
Bij de toets mag een formuleblad gebruikt worden dat maximaal 5 elektrische beschrijvingen bevat. Dit formuleblad moet met het tentamen worden ingeleverd.

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 de drie schetsjes uit figuur 1 over en teken in elk de **E**-veldlijnen (vorm en richting) opgewekt door de gegeven ladingsverdeling. Teken voldoende lijnen om een indruk te geven van de verdeling in de hele ruimte (dus ook buiten de kader).



**Figuur 1:** drie ruimtelijke ladingsverdelingen. Elk bolletje representeert een gelijke eenheid lading  $q$ . De volle lijn in de rechterfiguur is de snede met een  $\infty$  uitgestrekt plat vlak dat een homogene oppervlakteladingsdichtheid  $+\sigma$  draagt (vraag 1).

**Vraag 2 (20pt/100)**

Hieronder vind je een achttal 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!)

- 2.1 In een inhomogeen elektrisch veld ondervindt een elektrische dipool wel een translatiekracht, maar geen draaimoment.
- 2.2 Lading op het oppervlak van een eindige perfecte geleider is alleen positief óf alleen negatief.
- 2.3 De totale elektrische flux door een gesloten oppervlak wordt bepaald door de vorm van het oppervlak EN door de ingesloten lading.
- 2.4 Als in een plaatcondensator een diëlektricum wordt ingeschoven (zonder de lading op de condensator platen te veranderen), dan wordt de capaciteit groter.

- 2.5 De elektrische veldsterkte is evenredig met de Coulomb kracht die een geladen deeltje zou ondervinden.
- 2.6 Aangezien het geen arbeid kost om een lading over een equipotentialoppervlak te bewegen, ondervindt de lading daar geen elektrische kracht.
- 2.7 In een homogeen elektrisch veld lopen alle veldlijnen parallel.
- 2.8 Als alle puntladingen in een ruimte hun hoeveelheid lading verdubbelen, dan wordt het E-veld vier keer zo groot.

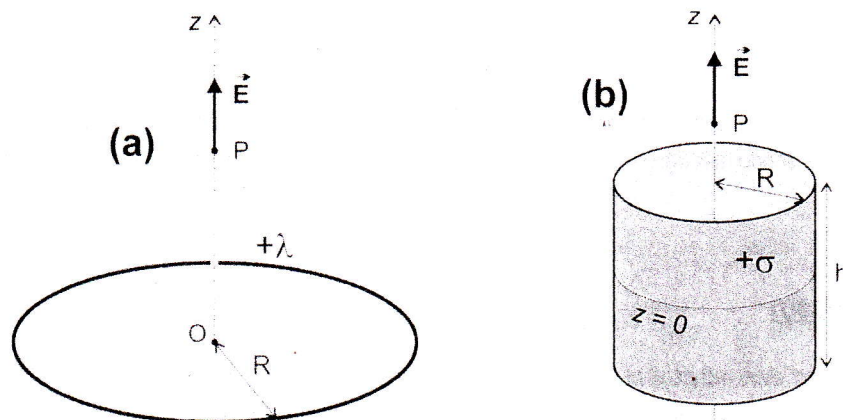
**Vraag 3 (20pt/100)**

- 3.a Een cirkelvormige ring met straal  $R$  draagt een homogene lijnladingsdichtheid  $+\lambda$  (figuur 2a). Toon aan dat het elektrisch veld  $\mathbf{E}$  in een punt  $P$  op een afstand  $z$  boven het centrum van de cirkel gelijk is aan:

$$\mathbf{E} = \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \frac{Rz}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \hat{\mathbf{z}}$$

Maak een duidelijke schets (zodat het helder is hoe je integreert of welke variabelen je gebruikt).

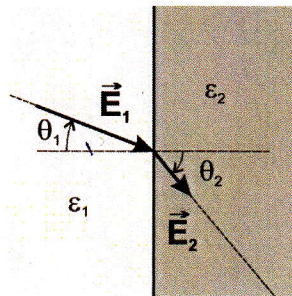
- 3.b Gebruik dit resultaat om het  $\mathbf{E}$  veld te berekenen in een punt  $P$  op de as van een holle cilindermantel die een homogene oppervlakteladingsdichtheid  $+\sigma$  draagt (figuur 2b). De cilinder heeft een straal  $R$  en een hoogte  $h$ .  $P$  ligt op een hoogte  $z$  boven het centrum van de cilinder. Maak opnieuw een schets om aan te geven hoe je parametrizeert.



**Figuur 2:** (a) Het E-veld boven het centrum van een homogeen geladen cirkelvormige ring; en (b) op de as van een homogeen geladen cilindermantel (vraag 3).

**Vraag 4 (10pt/100)**

Breking van het elektrische veld aan de overgang tussen twee diëlektrica (figuur 3): bewijs dat  $\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$ . Geef aan welke wetten je gebruikt voor welke componenten van het veld.



**Figuur 3:** Breking van het E-veld bij overgang van een materiaal met diëlektrische constante  $\epsilon_1$  naar een materiaal met constante  $\epsilon_2$  (vraag 4).

**Vraag 5 (30pt/100)**

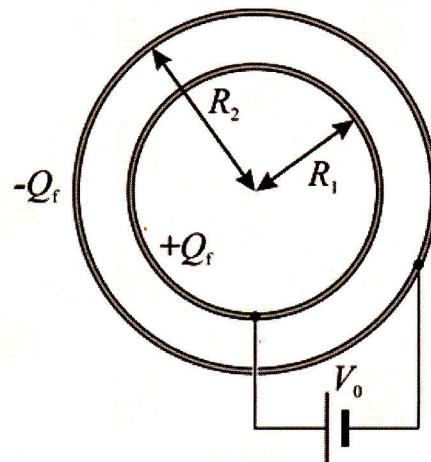
Een sferische condensator is opgebouwd uit twee in elkaar genestelde concentrische metalen bolschillen met stralen  $R_1$  en  $R_2$  (figuur 2). Aanvankelijk is de ruimte tussen de schillen leeg en wordt met behulp van een spanningsbron een lading  $+Q_f$  aangebracht op de binnenste schil en een even grote maar negatieve lading  $-Q_f$  op de buitenste.

5.a Geef een uitdrukking voor het elektrisch veld  $E$  in de ruimte binnenin de kleinste schil ( $r < R_1$ ), tussen beide schillen ( $R_1 < r < R_2$ ) en buiten de grootste schil ( $R_2 < r$ );

5.b Hoe groot is het spanningsverschil  $V_0$  tussen beide schillen? Gebruik in je afleiding het antwoord op vraag a;

5.c Toon aan (met behulp van antwoord b) dat de capaciteit van de bolcondensator  $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$  bedraagt;

5.d De spanningsbron die  $V_0$  instelde wordt nu losgekoppeld van de condensator. Vervolgens wordt de ruimte tussen de schillen gevuld met ultra-zuiver gede-ioniseerd water. Hierdoor daalt het potentiaalverschil  $V$  tussen de twee schillen tot 1.25% (dus 1/80-ste) van z'n oorspronkelijke waarde  $V_0$ . Wat is de relatieve permitiviteit  $\epsilon_r$  van water?



**Figuur 4:** Schematische doorsnede van een bolcondensator (vraag 5).

(N.B. Zuiver water heeft een verwaarloosbaar lage elektrische geleidbaarheid. Je mag er dan ook van uitgaan dat de vrije lading op de bolschillen niet doorheen het water van de ene schil naar de ander kan vloeien.)

5.e Wat is na het vullen met water de 'gebonden' lading  $Q_b$  aan het oppervlak van de binnenste bolschil (grootte en teken)? Wat is nu de vrije lading  $Q_f$  op deze schil (grootte en teken)?