EMFW Übungsblatt 3

Teil 1: Felder

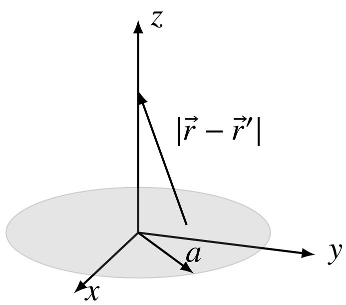
Aufgabe 1:

Berechnen Sie das Skalarpotential Φ_{el} auf der z-Achse und daraus das elektrische Feld $\vec{E}$ auf der z-Achse einer homogen geladenen dünnen Kreisscheibe mit dem Radius a und der Gesamtladung Q im Ursprung. Das Potential Φ ist so normiert, dass es im Unendlichen verschwindet ($\Phi(\infty) = 0$).

Hinweis:

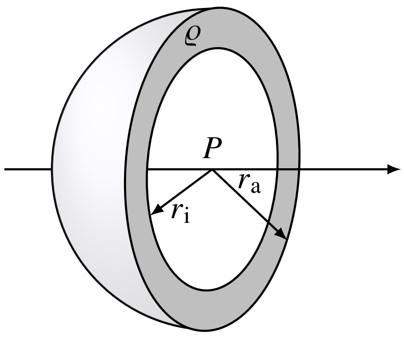
> Da hier eine Flächenladungsdichte vorhanden ist, muss folgendes Coulombintegral verwendet werden:
>
> $$\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \iint \frac{\sigma(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \, df'$$
>
> Das Volumenintegral wird zum Flächenintegral.

Berechnen Sie zunächst die Flächenladungsdichte σ.
Wie muss $|\vec{r} - \vec{r}'|$ ersetzt werden, um das Integral auf der z-Achse zu berechnen? Machen Sie sich klar was der Unterschied zwischen $\vec{r}$ und $\vec{r}'$ ist.



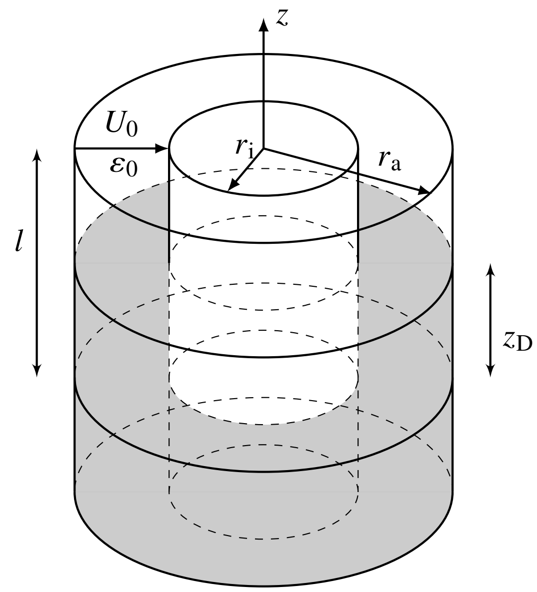
Aufgabe 2:

Berechnen Sie mit Hilfe des Coulombintegrals das elektrische Potential Φ_{el} (bis auf eine Konstante C) im Punkt P im Zentrum der abgebildeten Hohlhalbkugel mit der konstanten Raumladungsdichte ϱ.



Aufgabe 3:

Gegeben ist ein Zylinderkondensator der Länge l. Er besteht aus zwei dünnen Platten bei r_i und r_a. Im Inneren des Kondensators, also zwischen den Platten, befindet sich ein in z-Richtung verschiebbares Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstanten ε_r. Das Dielektrikum füllt für $z_\mathrm{D} = l$ den Kondensator vollständig aus, für $z_\mathrm{D} = 0$ ist der Zwischenraum leer. Über dem Zylinderkondensator liegt die Gleichspannung U_0 an. Randeffekte können vernachlässigt werden.



a) Berechnen Sie in Abhängigkeit von z_D die elektrischen Feldstärken E_V und E_D, die elektrischen Verschiebungsdichten D_V und D_D, sowie die Flächenladungsdichten σ_V und σ_D auf der inneren Elektrode. (Index V: Vakuum, D: Dielektrikum).

b) Geben Sie die Kapazität C des Zylinderkondensators in Abhängigkeit von z_D an.

c) Nachdem das Dielektrikum ganz eingeschoben wurde ($z_\mathrm{D} = l$), wird die Spannungsquelle abgeklemmt. Welche Spannung U ergibt sich über dem Kondensator, wenn das Dielektrikum zur Hälfte herausgezogen wird ($z_\mathrm{D} = l/2$)?

d) Berechnen Sie die Kraft $\vec{F}$, die während des Herausziehens des Dielektrikums aufgewendet werden muss.

Hinweise zur Lösung:

- Wenn an einem Kondensator eine Spannung anliegt, ändert sich durch Einschieben eines Dielektrikums oder Änderung der Kondensatorgeometrie diese Spannung nicht. Stattdessen fließt Ladung von der Spannungsquelle auf den Kondensator oder von diesem ab. Theoretisch kann die Spannungsquelle beliebig viel Ladung liefern.

- Wenn keine Spannungsquelle an einem Kondensator angeschlossen ist, kann die Ladung auf dem Kondensator nicht abfließen. Sie bleibt konstant. Die Spannung am Kondensator kann sich aber ändern.

- Wenn in verschiedenen Bereichen eines Kondensators unterschiedliche Bedingungen gelten, ist es oft sinnvoll, diese Bereiche getrennt zu betrachten.