



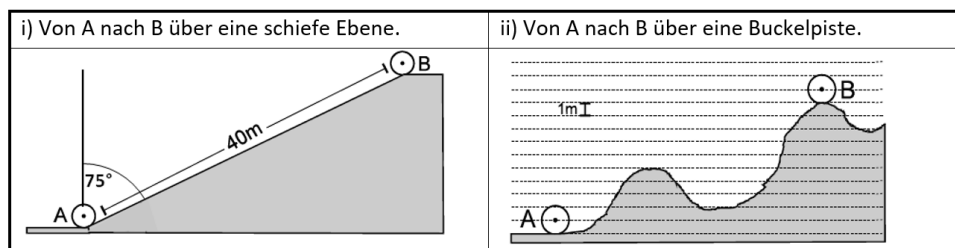
Experimentalphysik II – Elektrizitätslehre
Sommersemester 2021
Übungsblatt 3

Besprechung in der Woche ab dem 03.05.2020

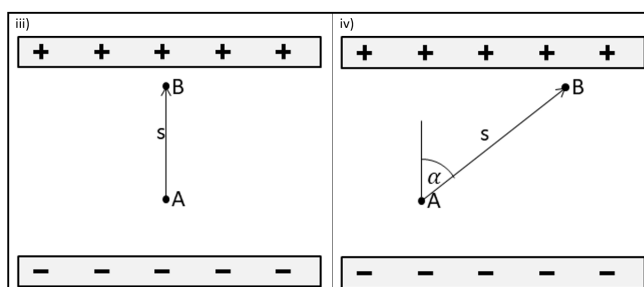
Aufgabe 7: Arbeit im homogenen Gravitationsfeld und elektrischen Feld (4P)

In dieser Aufgabe wird zunächst der Anschaulichkeit halber das Gravitationsfeld betrachtet ehe die Konzepte auf das elektrische Feld übertragen werden. Gegeben sei ein homogenes Gravitationsfeld. Für das Gravitationspotenzial an einem Ort gilt dann: $\phi(\vec{r}) = \frac{E_{pot}}{m}$.

- Begründen Sie, dass die Äquipotenziallinien (Linien mit gleichem Potenzial) im homogenen Gravitationsfeld in Erdnähe genauso verlaufen wie die Höhenlinien auf einer Landkarte. Erläutern Sie, was man unter dem Konzept *Potenzialdifferenz* im Gravitationsfeld versteht. (1P)
- Ein Körper der Masse 5 kg wird in i) sowie ii) im Gravitationsfeld von A nach B bewegt (siehe Abbildung). Berechnen Sie jeweils das Potenzial am Anfang und Ende der Bewegung sowie die Potenzialdifferenz zwischen den Punkten A und B. Berechnen Sie die beim Transport der Masse verrichtete Arbeit. Begründen Sie dann, dass die verrichtete Arbeit und auch die Potenzialdifferenz nur von der Wegkomponente in Feldrichtung abhängt. (1P)



- Markieren Sie in der Abbildung ii) alle Stellen, deren Potenzial $50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ist (Tipp: Zuerst geeignetes Nullpotenzial überlegen). Bestimmen Sie zwei Punkte C und D mit Potenzialdifferenz $30 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ und zeichnen Sie diese in Abbildung ii) ein. (1P)



- d) Ein Körper der Ladung $q = 5e$ wird im homogenen elektrischen Feld von Punkt A(x_A, y_A) nach B(x_B, y_B) bewegt (siehe Abbildungen iii) und iv)). Berechnen Sie jeweils die verrichtete Arbeit, das elektrische Potenzial am Anfang und Ende sowie die Potenzialdifferenz (elektrische Spannung) zwischen den Punkten A und B. Beschreiben Sie Auffälligkeiten. (1P)

Aufgabe 8: Anwendungen des Satz von Gauß (4P)

Betrachten Sie zunächst modellhaft einen unendlich langen Zylinder mit Radius r_Z und homogener Raumladungsdichte $\rho(r) = \rho_0$ (Ladung pro Volumen).

- a) Zeigen Sie, dass das elektrische Feld durch

$$E = \frac{\rho_0}{2\epsilon_0} r_{\perp} \quad , \quad \text{für } 0 < r_{\perp} < r_Z$$

$$E = \frac{\rho_0 r_Z^2}{2\epsilon_0 r_{\perp}} \quad , \quad \text{für } r_{\perp} > r_Z$$

gegeben ist. Dabei ist r_{\perp} der Abstand von der Längsachse des Zylinders. (1P)

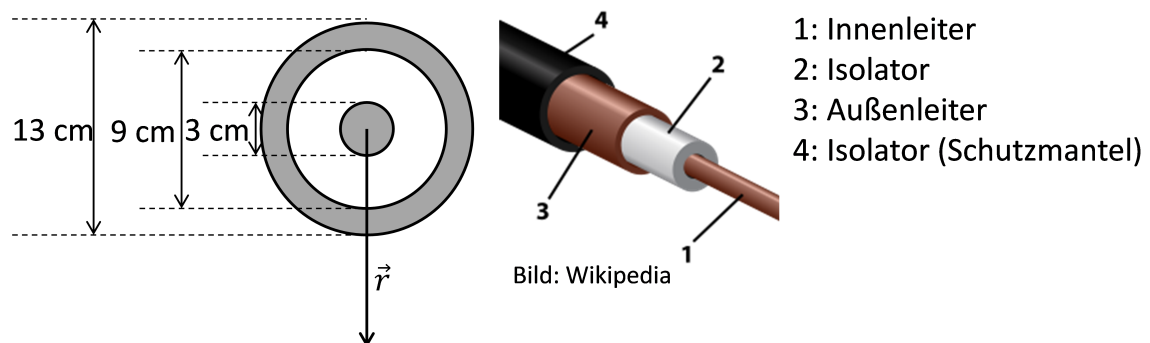
Betrachten Sie nun modellhaft einen unendlich langen Metallzylinder mit Radius r_Z . λ sei hier jetzt die Ladungsdichte im Sinne von Ladung pro Länge.

- b) Begründen Sie, dass für das elektrische Feld gilt (1P):

$$E = 0 \quad , \quad \text{für } 0 < r_{\perp} < r_Z$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r_{\perp}} \quad , \quad \text{für } r_{\perp} > r_Z$$

Betrachten Sie nun ein unendlich langes Koaxialkabel dessen Aufbau in der Abbildung dargestellt ist. Dieses besteht aus einem unendlich langen, massiven Metallzylinder der von einem Isolator umgeben ist. Der Isolator ist wiederum von einem Außenleiter in Form eines Hohlzylinders umschlossen. Der innere Leiter trägt eine Ladungsdichte von 6 nC m^{-1} , der äußere Leiter ist ungeladen.



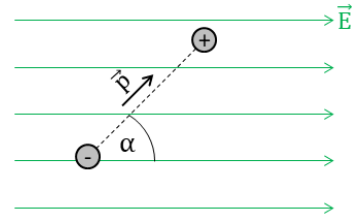
- c) Bestimmen Sie das elektrische Feld für alle Werte des Abstands r_{\perp} von der Achse des konzentrischen Zylindersystems. (1P)

Hinweis: Unterscheiden Sie dabei 4 Fälle von Abständen r_{\perp} und beachten Sie Influenzeffekte.

- d) Berechnen Sie die Potenzialdifferenz zwischen Innenleiter und Außenleiter. Berechnen Sie die Oberflächenladungsdichten auf den Oberflächen des inneren und äußeren Leiters für die in der Abbildung gegebenen Durchmesser. Zeigen Sie, dass der Innenleiter bei einer Kabellänge von 3m die Ladungsmenge $q = 18 \text{ nC}$ trägt. (1P)

Aufgabe 9: Ladungsträgeranordnung in einem homogenen E -Feld (2P)

Ein Molekül befindet sich in einem homogenen elektrischen Feld der Stärke 20 MV m^{-1} . Das Molekül bestehe aus zwei entgegengesetzt geladenen Ionen, welche jeweils zweifach ionisiert sind. Der Abstand betrage 1 \AA (1 Angström). Dadurch entsteht ein Dipolmoment $\vec{p} = q\vec{d}$. Die Richtung des Dipols zum Feld sei $\alpha = 45^\circ$.



- Begründen Sie, warum eine resultierende Kraft auf den Dipol wirkt und berechnen Sie den Betrag des wirkenden Drehmoments (1P).
- Stellen Sie den Drehmomentvektor \vec{M} in Abhängigkeit von \vec{E} und \vec{p} dar und begründen Sie, wie sich das Molekül im äußeren elektrischen Feld ausrichtet. (1P)

Aufgabe 10: Elektrisches Feld eines Plattenkondensators (3P)

Die einander gegenüberliegenden Oberflächen zweier großer, paralleler, leitender Platten in einem Abstand von 10 cm tragen homogene Oberflächenladungsdichten, die betragsmäßig gleich sind, deren Vorzeichen aber entgegengesetzt sind. Die Potenzialdifferenz zwischen den Platten beträgt 500 V .

- Ist die positive oder die negative Platte auf dem höheren Potenzial? Begründen Sie. Berechnen Sie weiterhin den Betrag des elektrischen Felds zwischen den Platten. (1P)
- In der Nähe der negativen Platte wird ein Elektron aus der Ruhe losgelassen. Berechnen Sie die Arbeit, die das elektrische Feld an dem Elektron verrichtet, während sich dieses von dem Punkt, an dem es losgelassen wird, zu der positiven Platte bewegt. Geben Sie die Lösung sowohl in Elektronenvolt als auch in Joule an. Berechnen Sie auch die Änderung der elektrischen Energie des Elektrons, wenn es sich von dem Punkt, an dem es losgelassen wird, bis zur positiven Platte bewegt. Berechnen Sie die kinetische Energie, die das Elektron hat, wenn es die positive Platte erreicht. (1P)
- Die Platten werden wie beschrieben mit einer Spannungsquelle mit Spannung $U = 500 \text{ V}$ verbunden. Dadurch wird im Kondensator eine Ladung von $Q = 30 \mu\text{C}$ gespeichert. Die Spannungsquelle wird abgetrennt und der Plattenabstand auf 20 cm verdoppelt. Begründen Sie, wie sich die Ladung auf den Platten, Spannung zwischen den Platten, elektrische Feldstärke und das Potenzial, auf dem sich die beiden Platten befinden jeweils ändert. Begründen Sie auch die Änderung der genannten Größen für den Fall, dass der Plattenabstand verdoppelt wird ohne die Spannungsquelle vorher abzutrennen. (1P)