

Einführung in die Physik I (für Nicht-PhysikerInnen)

Hausaufgaben Woche 11

17. - 21. Dezember 2018

1. In einem bestimmten Gebiet der Erdatmosphäre wurde das elektrische Feld oberhalb der Erdoberfläche gemessen: 150 N/C in 250 m Höhe und 170 N/C in 400 m Höhe. In beiden Fällen ist das elektrische Feld nach unten, zur Erde hin gerichtet. Berechnen Sie die Raumladungsdichte der Atmosphäre unter der Annahme, dass sie zwischen 250 m und 400 m homogen ist. (Die Erdkrümmung kann vernachlässigt werden.) Tipp: Benutze das Gauß'sche Gesetz.

Lösung: Wir nehmen ein säulenförmiges Volume an mit der Oberfläche A an beide Oben- und Unterseite und mit einer Höhe $h = 400 \text{ m} - 250 \text{ m} = 150 \text{ m}$. Die Seitenflächen sind irrelevant weil das elektrische Feld senkrecht auf der Erdoberfläche steht. Wegen dem Gauß'sche Gesetz gilt dann:

$$\frac{q}{\epsilon_0} = A (E_{250} - E_{400}) = A - 20 \text{ N/C}.$$

Die Raumladungsdichte ist definiert als $\rho = q/V = q/(Ah)$ und kann jetzt berechnet werden:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A - 20 \text{ N/C}}{A 150 \text{ m}} \epsilon_0 = 0,13 \text{ N/Cm} \epsilon_0 \\ &= 0,13 \text{ N/Cm} 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2) \\ &= 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ C/m}^3.\end{aligned}$$

Obwohl 150 und 170 drei signifikante Stellen haben, hat die Differenz (-20) nur zwei signifikante Stellen – und damit dies Antwort ebenfalls.

2. Wenn ein elektrisches Feld in der Luft den Betrag $3,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ überschreitet, wird die Luft ionisiert und elektrisch leitend. Dieses Phänomen wird als dielektrischer Durchschlag (oder dielektrische Entladung) bezeichnet. Eine Ladung von $18 \mu\text{C}$ wird auf eine leitende Kugel gebracht. Wie groß ist der minimale Radius einer Kugel, die diese Ladung gerade noch aufnehmen kann, ohne dass eine Entladung auf diesem Weg erfolgt?

Lösung: Die elektrische Feldstärke soll weniger als $3,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ sein, bzw.:

$$\begin{aligned}E_{\max} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ N/C} &\geq \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \\ r^2 &\geq \frac{q}{4\pi\epsilon_0 E_{\max}} \\ r &\geq \sqrt{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 E_{\max}}} \\ r &\geq \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{4\pi 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 3 \cdot 10^6 \text{ N/C}}} \\ r &\geq 0,23 \text{ m}\end{aligned}$$