

Name, Vorname	Testat	

Elektrostatistisches Feld

Aufgabe 1: Coulombfeld einer geladenen Kugel

Eine Kugel aus ideal elektrisch leitfähigem Material und einem Radius von $R = 10\text{cm}$ werde mit einer positiven elektrischen Ladung von $Q = 10^{-9}\text{C}$ aufgeladen, die sich homogen über die Kugeloberfläche verteilt. Die zugehörige negative Ladung wird als unendlich weit entfernt betrachtet.

Hinweis: die Anordnung in Fig. 1 weist für $r > R$ dieselbe Feldverteilung wie eine Punktladung Q im Zentrum 0 auf.

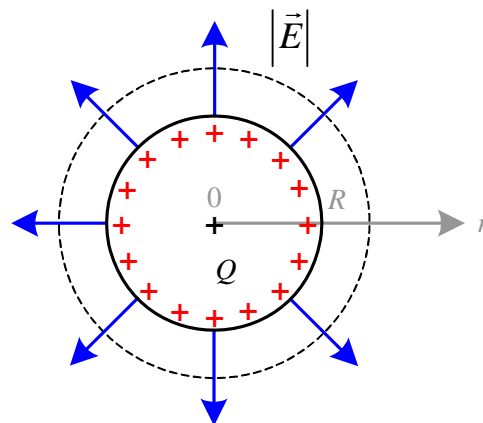


Fig.1: Geladene Kugel

- Wie gross ist die elektrische Feldstärke $|\vec{E}|$ an der Kugeloberfläche?
- Wie gross ist die elektrische Feldstärke $|\vec{E}|$ im Abstand von $d = 50\text{cm}$?
- Zeichnen Sie den Verlauf der elektrischen Feldstärke $|\vec{E}|$ als Funktion des Abstandes r vom Kugelmittelpunkt bis zu einem Abstand von $r = 50\text{cm}$.
- Geben Sie ausserdem die Flächenladungsdichte $\sigma(R)$ auf der Kugeloberfläche an.
- Wie viele Elementarladungen (Elektronen) müssen verschoben werden um die Ladung zu erzeugen?
- Angenommen die Kugel wäre aus 1kg Kupfer gefertigt und 1kg Kupfer enthält $0.95 \cdot 10^{25}$ Kupferatome mit je einem Valenzelektron. Das Fehlen welches Anteils der gesamten vorhandenen Valenzelektronen kann somit die elektrische Ladung Q bilden?

Aufgabe 2: Geladenes Teilchen im elektrischen Feld der Erde

Nikolai Tesla hat die Erde als eine mit etwa $Q = -7 \cdot 10^5 \text{C}$ negativ geladene Kugel bezeichnet, wobei es sich um eine Abschätzung der Grössenordnung handelt. Aufgrund der Kugelform der Erde ist deren Feld mit dem Coulombfeld einer Punktladung gleichzusetzen (siehe **Fig.2**). Im Rahmen dieser Aufgabe betrachten wir die Wechselwirkung zwischen der Erde und einem einzelnen Elektron e^- an der Erdoberfläche.

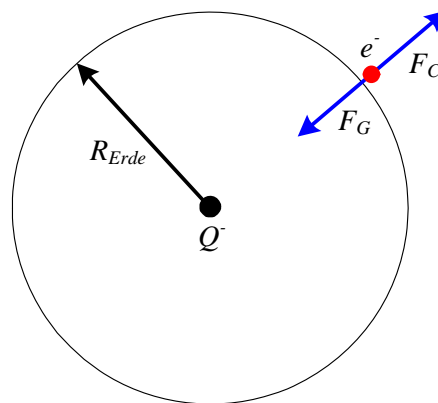


Fig.2: Ladung der Erde (vereinfacht durch Punktladung Q) mit Elektron e^- auf der Erdoberfläche

- a) Vergleichen Sie die Gravitationskraft F_G , mit der die Erde das Elektron anzieht, mit der Coulombkraft F_C , mit der die Erde das Elektron abstösst.
Verwenden Sie dazu folgende Werte:
 $m_{Erde} = 5.9736 \cdot 10^{24} \text{kg}$, $m_{Elektron} = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$,
 $R_{Erde} = 6371 \text{km}$, $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$, $e^- = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{C}$
- b) Führen Sie nun selbst eine Abschätzung der Ladung Q der Erdkugel durch und vergleichen Sie ihre Lösung mit derjenigen von Nikola Tesla. Die mittlere elektrische Feldstärke an der Erdoberfläche beträgt $|E| = 150 \text{V/m}$.
- c) Wie gross ist die elektrische Spannung U zwischen der Erdoberfläche und dem unendlichen Weltall für die Ladung, die in b) berechnet wurde.

Aufgabe 3: Millikan-Versuch

Ein Wassertropfchen (näherungsweise kugelförmig mit Durchmesser $d = 0.2\text{mm}$; Dichte von Wasser: $\rho_{\text{Wasser}} = 1000\text{kg/m}^3$) werde mit der Ladung Q soweit elektrisch aufgeladen, bis die Durchschlagsfeldstärke von $|\vec{E}_{\text{max}}| = 30\text{kV/cm}$ der umgebenden Luft erreicht wird.

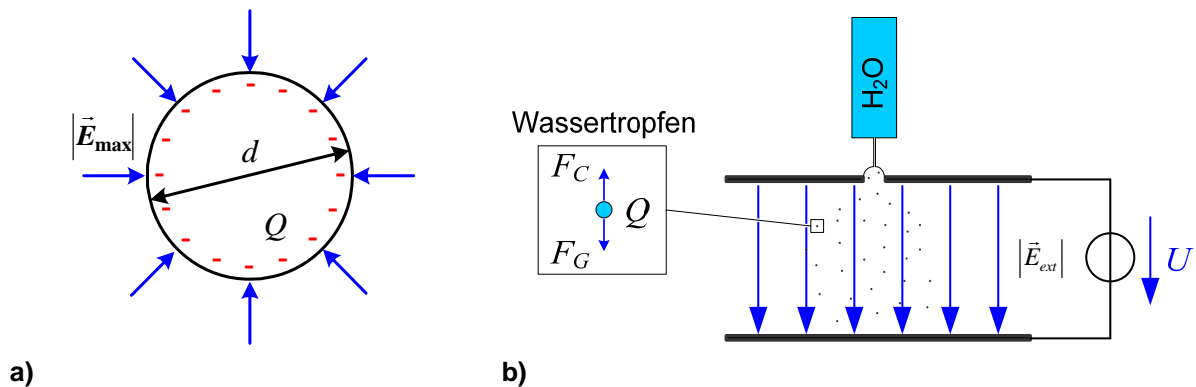


Fig.3: a) Negativ geladenes Wassertropfchen mit Durchmesser $d = 0.2\text{mm}$ b) mittels Sprühflasche in einen elektrischen Plattenkondensator eingebrachte Wassertropfchen im externen elektrischen Feld

- Wie viel Ladung Q kann der Wassertropfen maximal aufnehmen bis die Durchschlagsfeldstärke $|\vec{E}_{\text{max}}|$ erreicht wird? Wie vielen Elementarladungen entspricht das?
- Wie gross muss ein von aussen angelegtes elektrische Feld $|\vec{E}_{\text{ext}}|$ sein (**Fig. 3.b**), um diesen Tropfen – unter Vernachlässigung der Auftriebskraft – gegen die Schwerkraft F_G in der Schwebe zu halten?
- Zeigen Sie, dass die Auftriebskraft tatsächlich vernachlässigbar ist; berechnen Sie hierfür das Verhältnis von Gewichtskraft und Auftriebskraft (Dichte von Luft: $\rho_{\text{Luft}} = 1.3\text{kg/m}^3$).

Aufgabe 4: Elektrometer als statisches Ladungsmessgerät

(NICHT TESTATPFLICHTIG)

Zur Ladungsmessung werden bei einem Elektrometer (siehe **Fig.4**) zwei negativ geladene Kugeln mit identischer Ladung Q an dünnen nichtleitenden Fäden befestigt. Die Fäden seien derart dünn, dass sich die Ladung praktisch vollständig auf den Oberflächen der beiden Kugeln befindet (Näherung). Der Durchmesser jeder der beiden Kugeln betrage $d = 3\text{cm}$. Ihre Masse sei $m = 2\text{g}$ je Kugel. Die Länge der Fäden sei $l = 70\text{cm}$. Der Elektrometer zeige einen Winkel von $\alpha = 30^\circ$.

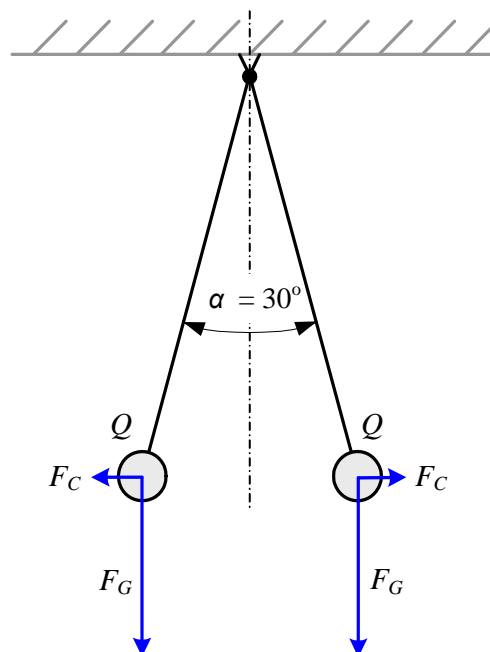


Fig.4: Elektrometer zur Ladungsmessung

- Mit wieviel Ladung Q sind die beiden Kugeln aufgeladen? Die Ausdehnung der Kugeln kann in dieser Teilaufgabe vernachlässigt werden.
- Wie viele zusätzliche Elektronen N trägt dabei jede der beiden Kugeln?
- Welche Spannung U weisen die Kugeln gegenüber dem Referenzpotential $\varphi = 0$ auf?