

### Allgemeine Hinweise:

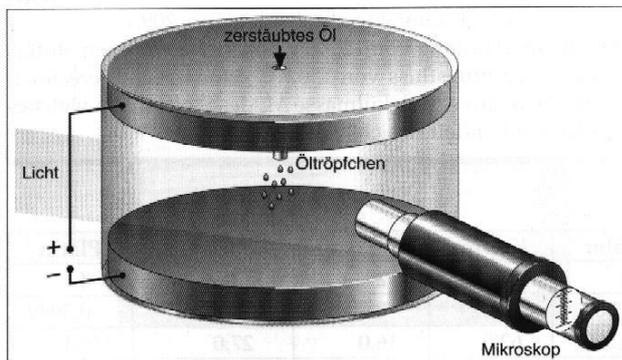
- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**Feldlinien, elektrische Feldstärke und die Bestimmung der Elementarladung** Die Kraft  $F$ , die vom Feld einer Ladung  $Q$  auf eine (kleine) Probeladung  $q$  ausgeübt wird, ist der Probeladung proportional:  $F \sim q$ . Man definiert als elektrische Feldstärke den Quotienten aus Kraft und Probeladung:  $E = \frac{F}{q}$ . Diese Größe hängt nicht mehr von der Ladung  $q$  ab und ist daher eine Eigenschaft des Raumes.

- 1.1. Welche Einheit hat  $E$ ? Zeigen Sie, dass  $E$  ebenfalls in der Einheit  $V/m$  angegeben werden kann. Kennen Sie eine zu  $E$  analoge Größe („Quotient aus Kraft auf Probegröße und Probegröße“) aus der Mechanik?
- 1.2. Skizzieren Sie die Feldlinien zwischen zwei ungleichnamig geladenen Kondensatorplatten, zwischen zwei ungleichnamigen Punktladungen und zwischen einer positiven Punktladung, die sich im Abstand  $r$  vor einer negativ geladenen Platte befindet.
- 1.3. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem auf einen Körper der Ladung  $q = 26 \text{ nC}$  die Kraft  $F = 37 \mu\text{N}$  wirkt.

- 1.4. Die Feldlinien eines Kondensators verlaufen vertikal von oben nach unten. Ein in den Plattenraum eingebrachtes negativ geladenes Öltröpfchen, dessen Masse  $m = 4,7 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$  ist, schwebt gerade. Messungen ergeben eine Feldstärke von  $E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ . Berechnen Sie die Ladung des Öltröpfchens. Geben Sie zusätzlich die Ladung als Vielfaches der Elementarladung an.



Mit diesem Aufbau hat Robert Andrews Millikan (1868-1953) die Quantelung der elektrischen Ladung nachgewiesen und die Elementarladung  $e$  bestimmt. Er erhielt dafür 1923 den Nobelpreis.

- 1.5. Sehr wahrscheinlich haben Sie in 1.4. die Auftriebskraft auf das Öltröpfchen in der Luft vernachlässigt. Das war gut so, aber warum ist das zulässig? Zeigen Sie, dass man die Auftriebskraft tatsächlich vernachlässigen kann, indem Sie das Verhältnis von Gewichtskraft und Auftriebskraft berechnen (Dichte von Öl:  $\rho_{\text{Öl}} = 0,90 \text{ kg/dm}^3$ ; Dichte von Luft:  $\rho_L = 1,3 \text{ g/dm}^3$ ).

*Tipp: Archimedes soll der Legende nach „Heureka!“ (gr.: „Ich hab's!“) rufend nackt durch Syrakus gelaufen sein, nachdem ihm bei einem Bad die Erkenntnis über Auftriebskräfte auf Körper in einem Medium gekommen ist.*

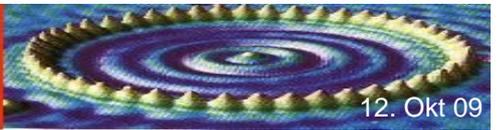
- 1.6. Ein Elektron wird mit der Geschwindigkeit  $v = 30000 \text{ km/s} = 1/10 c$  von oben in den Kondensator geschossen. Wie weit bewegt sich das Elektron, bevor es vollständig abgebremst ist und ruht?

**Gewitterphysik** Mit den elementaren Gesetzmäßigkeiten, die man am Plattenkondensator gefunden hat, lassen sich in guter Näherung komplexe Phänomene in der Natur beschreiben. (An dieser Stelle für die Aufgabe einen herzlichen Dank an Herrn Stratmann, der auch das phänomenale Foto gemacht hat.)

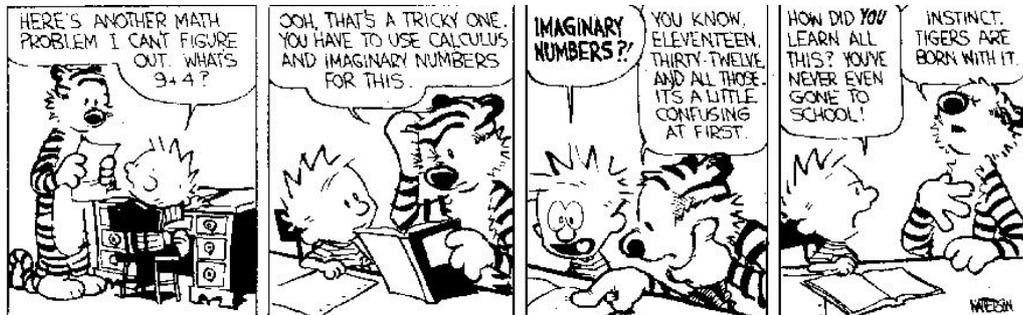
Wir nehmen eine normale Gewitterlage an, sagen wir, die Wolke überdecke eine Grundfläche von  $A = 750000 \text{ m}^2$ . Die Wolkenunterseite sei kurz vor der Entstehung des Blitzes mit  $q = 15 \text{ C}$  elektrisch geladen. Es sei angenommen, dass das elektrische Feld zwischen Wolke und Erdboden näherungsweise homogen ist.



- 2.1. Der gesamte Vorgang der Ladungstrennung - bekanntlich durch starke vertikale Strömungen in der Wolke hervorgerufen - dauere  $t = 2 \text{ min}$ . Berechnen Sie die elektrische Stromstärke  $I$  in der Wolke während der Aufladung.



- 2.2. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke im Raum zwischen Wolke und Erdboden, wenn die Wolke auf der Unterseite die maximale Ladungsmenge trägt.
- 2.3. Durch welche elektrische Ladung entsteht das elektrische Feld in der Nähe des Erdbodens? Vertikale Luftströmungen können den Erdboden ja wohl kaum aufladen!
- 2.4. Die Wolkenbasis befinde sich in  $h=330\text{m}$  über dem Erdboden. Bestimmen Sie die elektrische Spannung  $U$ .
- 2.5. Berechne die Kapazität des Systems.
- 2.6. Wie viel elektrische Energie ist in dem elektrischen Feld zwischen Wolke und Erdboden kurz vor der Auslösung des Blitzes gespeichert?



Viel Erfolg!