

### 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!

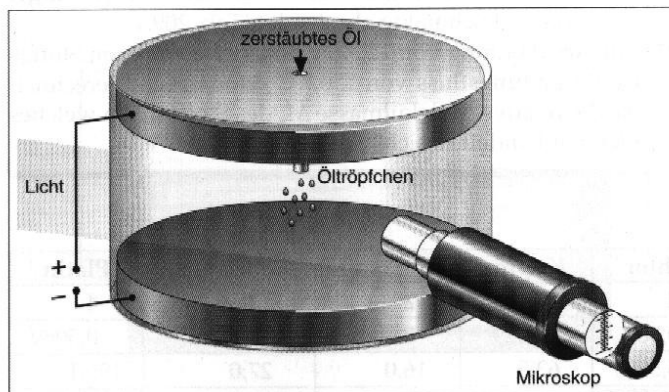
Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**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:  $E = \frac{F}{q}$ .

- 1.1. Welche Einheit hat  $E$ ? Zeige, dass  $E$  ebenfalls in der Einheit  $V/m$  angegeben werden kann. Kennst du eine zu  $E$  analoge Größe („Quotient aus Kraft auf Probegröße und Probegröße“) aus der Mechanik?
- 1.2. Skizziere 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. Berechne die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem auf einen Körper der Ladung  $q = 26 \text{ nC}$  die Kraft  $F = 37 \text{ }\mu\text{N}$  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  $E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ . Berechne die Ladung des Öltröpfchens. Gib 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 hast du in 1.4. die Auftriebskraft auf das Öltröpfchen in der Luft vernachlässigt. Das war gut so, aber warum ist das zulässig? Zeige, dass man die Auftriebskraft tatsächlich vernachlässigen kann, indem du das Verhältnis von Gewichtskraft und Auftriebskraft berechnest (Dichte von Öl:  $0,90 \text{ kg/dm}^3$ ; Dichte von Luft:  $1,3 \text{ g/dm}^3$ ).

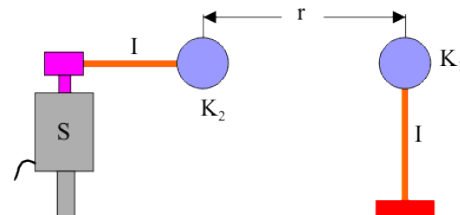
*Tipp: Archimedes soll der Legende nach „Heureka!“ (gr.: „Ich hab's!“) rufend nackt durch Syrakus gelaufen sein, nachdem ihm bei einem Bad die Erkenntnis über Auftriebskräfte auf Körper in einem Medium gekommen ist.*

- 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?

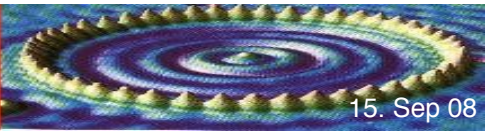
**Finden eines Kraftgesetzes durch Linearisierung** Wir haben im Zusammenhang mit dem Entladen eines Kondensators das Verfahren der Linearisierung bzw. das Auftragen von Messwerten in logarithmischen Koordinatensystemen als wichtiges mathematisches Hilfsmittel zum Auffinden von Gesetzmäßigkeiten zwischen physikalischen Größen kennengelernt.

- 2.1. In einem Experiment sei eine Kraft in Abhängigkeit zum Abstand zwischen zwei nahezu punktförmigen Probekörpern mit den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  gemessen worden mit folgenden Messergebnissen:

r/cm	1,8	2,5	3,4	5	5,5	6	6,5	7,75
F/10 <sup>-2</sup> N	8	3,61	1,62	0,84	0,72	0,62	0,54	0,41

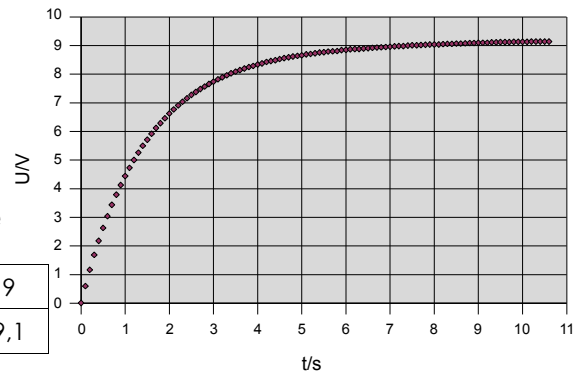


- Erstelle ein  $F(r)$ -Diagramm und diskutiere den Graphen qualitativ. Welche Funktion  $F(r)$  könnte dem Graphen zu Grunde liegen? (Bitte Formel und Begründung!)
- Bestimme mit Hilfe einer geeigneten logarithmischen Koordinatendarstellung die Funktion  $F(r)$ .



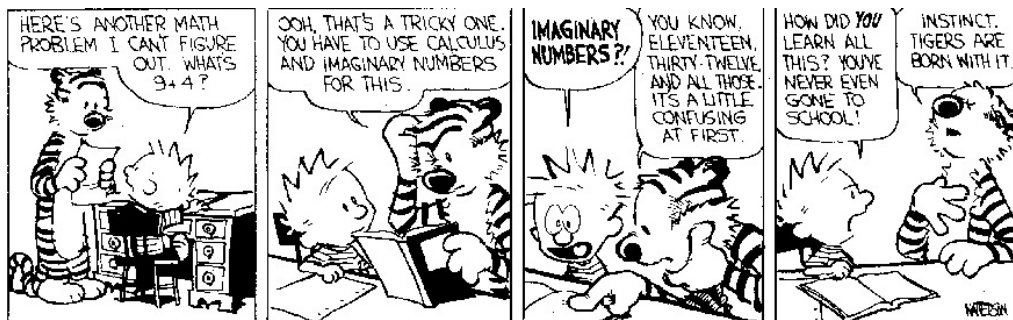
Eine einfache Linearisierung hilft bei der folgenden Messreihe leider – vielmehr ist ein wenig mathematische Intuition<sup>1</sup> notwendig. Im Unterricht hatten wir einen  $220\mu\text{F}$ -Kondensator über einen  $5,6\text{k}\Omega$ -Widerstand ge- und entladen. Während wir den mathematischen Zusammenhang für die Spannung am Kondensator beim Entladevorgang gefunden haben, ist uns eine exakte Formel für  $U(t)$  beim Aufladen noch unbekannt.

Aufladung



2.2. Der Spannungsverlauf am Kondensator ergab nebenstehenden Graphen. Errate eine Funktion, die diese Messwerte möglichst gut wiedergibt. Prüfe deine Hypothese an den angegebenen Wertepaaren.

t/s	0	1	3	4	5	6	7	8	9
U/V	0,1	4,44	7,74	8,34	8,66	8,85	8,96	9,04	9,1



Viel Erfolg!

<sup>1</sup> ... oder – wie es Hobbes nennt: Instinkt.