

## Ladungen in elektrischen Feldern

### Allgemeine Hinweise:

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- 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:** Formelsammlung, Taschenrechner, Schreibutensilien

### 0. Zum Aufwärmen

- a) Wie lautet die allgemeine vektoralgebraische Formel für die Änderung der potentiellen Energie eines geladenen Körpers in einem elektrischen Feld? (Bitte mit Erläuterungen!)
- b) Vergleichen Sie die potentielle Energie im elektrischen mit der im Gravitationsfeld. Zwischen welchen physikalischen Größen herrscht eine Analogie? Welche mechanische Größe lässt sich als Feldstärke erklären?
- c) Welche Energie ist erforderlich, um im elektrostatischen Feld einen geladenen Körper auf einer geschlossenen Kurve einmal herum zu bewegen?
- d) Welcher Zusammenhang besteht zwischen einem elektrischen Potential und einer elektrischen Spannung?
- e) Welche mechanische Größe entspricht der des Potentials? Wohin legt man in der Regel den Potentialnullpunkt im Gravitationsfeld der Erde?
- f) Wie funktioniert die Xerografie (griech.: „trockenes Schreiben“)?
- g) Schildern Sie die elektrischen Vorgänge bei der Entstehung von Gewittern!

### 1. Bewegung eines Protons im elektrischen Feld

Ein Proton mit der Masse  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  und der Ladung  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  werde in ein homogenes elektrisches Feld  $E = 7,5 \text{ N/C}$  gebracht und losgelassen. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt es sich, nachdem es 4 cm zurückgelegt hat?

### 2. Bestimmung der elektrischen Feldkonstante $\epsilon_0$

Um  $\epsilon_0$  zu bestimmen, wird ein kreisförmiger Plattenkondensator ( $r = 0,1 \text{ m}$ ) jeweils durch Anlegen einer Spannung von 2000 V aufgeladen und nach anschließender Trennung von der Spannungsquelle über einen Messverstärker entladen. Der Messverstärker misst bei drei verschiedenen Plattenabständen folgende Ladungen:

$d/\text{cm}$	$Q/10^{-8} \text{ C}$
3	1,8

## Ladungen in elektrischen Feldern

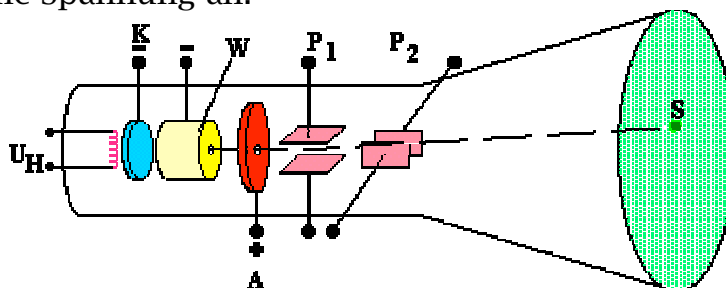
$d/cm$	$Q/10^8 C$
5	1
8	0,7

Bestimmen Sie die elektrische Feldkonstante!

### 3. Braunsche Röhre – Oszilloskop

Die Braunsche Röhre heißt so nach ihrem Erfinder, dem deutschen Physiker Karl Ferdinand Braun (1850-1918). Ein Heizdraht (an der Spannung  $U_H$  angeschlossen) löst aus einer Glühkathode (K) Elektronen heraus, die durch die zwischen Anode (A) und Kathode anliegende Spannung beschleunigt werden (der sogenannte Wehneltzylinder (W) dient zur Bündelung des Strahls). Spannungen an den Plattenkondensatoren ( $P_1$ ,  $P_2$ ) bewirken eine Ablenkung des Strahls in horizontaler bzw. vertikaler Richtung, durch die Messung des Auftreffpunktes der Elektronen auf dem Leuchtschirm lassen sich diese Spannungen messen (Funktionsweise eines Oszilloskops).

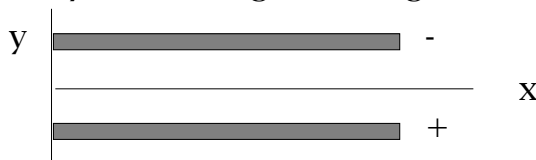
Im Folgenden sei die Potentialdifferenz zwischen A und K 1000 V, an  $P_1$  und  $P_2$  liege keine Spannung an.



a) Obwohl das elektrische Feld nur zwischen Kathode und ringförmiger Anode besteht, bewegen sich viele Elektronen durch die Öffnung der Anode und gelangen dann auf den Leuchtschirm. Begründen Sie, warum man daraus schließen kann, dass  $e^-$  nicht nur eine Ladung, sondern auch eine Masse haben.

b) Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit  $v_0$  der  $e^-$ .

An  $P_1$  liege nun eine Ablenkspannung  $U$ , der Abstand der Platten ist  $d$ . Ein Koordinatensystem wird gemäß folgender Skizze eingeführt:



c) Wie lautet die Weg-Zeit-Funktion der Bewegung  $x(t)$  für ein  $e^-$ ?

d)  $x(t)$  wird von einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung  $y(t)$  überlagert. Bestimmen Sie die Beschleunigung in  $y$ -Richtung  $a_y$  in Abhängigkeit von den gegebenen Größen und daraus die Funktion  $y(t) = 1/2 \cdot a_y \cdot t^2$ .

e) Zeigen Sie, dass ein  $e^-$  innerhalb des homogenen elektrischen Feldes des Plattenkondensators eine nach unten geöffnete Parabel beschreibt. (Tipp: Bestimmen Sie die Funktion  $y(x)$  mit dem Gleichungssystem aus d))