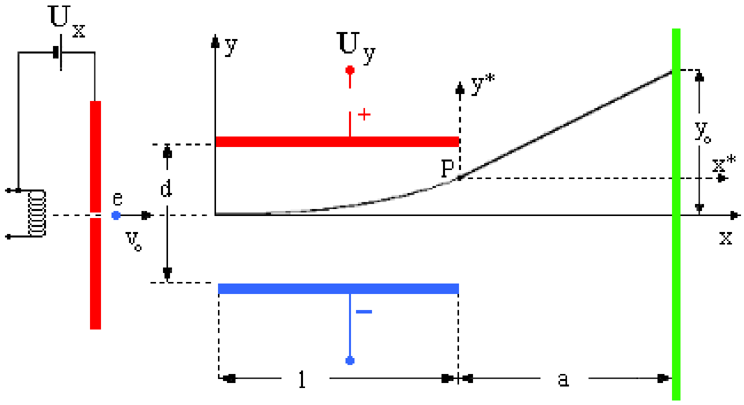
Klausur 12/1 Physik LK	Elsenbruch	Di 18.01.05 (4h)
Thema: elektrische und magnetische Felder Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung		

1) Elektronen im elektrischen Querfeld.



- Die nebenstehende Skizze zeigt im linken Teil die Beschleunigung von Elektronen in einem elektrischen Längsfeld durch Spannung Ux auf die Geschwindigkeit v0.
- Die Elektronen gelangen in elektrisches Querfeld (Ablenkspannung Uy), werden dort abgelenkt und verlassen den Kondensator in einen feldfreien Raum.
- Schließlich treffen die Elektronen auf einen Leuchtschirm.
- Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v0 in Abhängigkeit von Ux und der spezifischen Ladung des Elektrons

b) Stellen Sie die Bahngleichung des Elektrons im Kondensator (x-y-System verwenden) auf. Zeigen Sie, dass es mit der dargestellten Anordnung nicht möglich ist die spezifische Ladung des Elektrons zu bestimmen

c) Begründen Sie allgemein, dass die Auslenkung y0 von der x-Achse proportional zur Spannung Uy ist.

2) Zwei kreisförmige Metallplatten mit Radius r = 12 cm, die parallel zueinander im Abstand d = 1,5 mm angeordnet sind, bilden einen Plattenkondensator, der an die Spannung U = 240 V angeschlossen wird.

a) Berechnen Sie die Kapazität dieser Anordnung sowie die gespeicherte Ladung Q_K.

b) Berechnen Sie die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten sowie die im Feld gespeicherte Energie W.

c) Für die Anziehungskraft zwischen verschieden geladenen Kondensatorplatten gilt die Beziehung $F_K = ½\times E\times Q$. Bestimmen Sie die Kraft F_K, die die Platten dieses Kondensators aufeinander ausüben.

3) Millikan Versuch

a) Was ist das physikalisch bedeutsamste Ergebnis des Millikan-Versuchs?

b) Skizzieren und beschreiben Sie das Wesentliche (inklusive der wirkenden Kräfte) des Versuchsaufbaus.

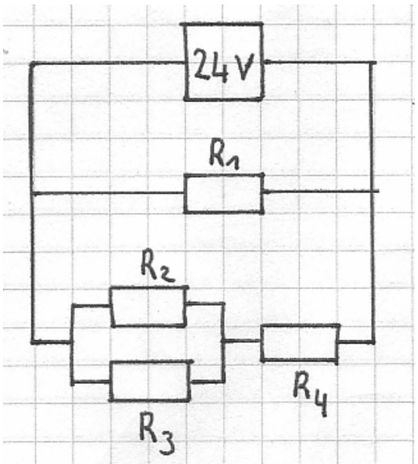
c) Mit der Messwertmethode „Schweben und Fallen ohne Feld“ wurden folgende Messwerte aufgenommen:

Tropfen Nr	Skalenteile	Zeit t /s	Spannung U / V
1	11	13	190
2	20	12	260
3	14	10	206
4	10	14	305
5	14	9	314
6	23	22	253
7	11	10	192
8	10	11	209
9	20	34	239
10	15	11	268

Maßstab	$5{,}33 \cdot 10^{-5}$	m / Skalenteil
Dichte (Öl)	875,3	kg/m3
Zähigkeit (Luft)	$1{,}828 \cdot 10^{-5}$	Ns/m2
Abstand d	0,006	m

Bestimmen Sie die Elementarladung mit Hilfe der Auswertformel $Q = \frac{6\pi\eta v_0 d}{U}\sqrt{\frac{9}{2}\frac{\eta v_0}{\rho g}}$ möglichst genau.

d) Es gibt weitere Messwertmethoden. Leiten Sie die Formel $Q = \frac{6\pi\eta d}{U}\sqrt{\frac{9}{2}\frac{\eta v_1}{\rho g}}(v_1 + v_2)$ für die Methode „Steigen (mit Feld) und Fallen (ohne Feld) her.



4) Aus vier Widerständen $R_1=500\Omega$, $R_2=20\Omega$, $R_3=50\Omega$ und $R_4=250\Omega$ wird die abgebildete Schaltung aufgebaut und eine Spannung von 24 V angelegt.

a) Berechnen Sie die einzelnen Ströme, welche durch die Widerstände fließen und sowie den Gesamtstrom mit zwei Nachkommastellen Genauigkeit. Berechnen Sie außerdem die Spannungen, welche an den einzelnen Widerständen anliegen.

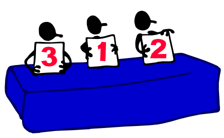
b) Welche elektrische Leistung wird am Widerstand R4 „verbraten“. (Konnte a) nicht gelöst werden so wird hier mit I = 0,1 A weitergerechnet)

5) Der Hall Effekt

a) Zur Messung der magnetischen Flussdichte B wird eine Hallsonde benutzt. Erklären Sie den Halleffekt anhand einer Zeichnung.

b) Äußern Sie sich über die Polung der Hall-Spannung, wenn an Stelle der Elektronen

- nur positive
- positive und negative Ladungsträger gleichzeitig und gleichermaßen frei beweglich wären.



Viel Erfolg

a)

Aus dem Energiesatz folgt: $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = e \cdot U_x \quad \Rightarrow \quad v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_x}{m}} \quad (1)$

b)

$$y = \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2 \quad (2) \quad x = v_0 \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v_0} \quad (3) \quad y = \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 \quad (4)$$

$$a_y = \frac{F_y}{m} \quad \Rightarrow \quad a_y = \frac{e \cdot E_y}{m} \quad \Rightarrow \quad a_y = \frac{e \cdot U_y}{m \cdot d} \quad (5)$$

Setzt man (5) in (4), so folgt:

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U_y}{m \cdot d} \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 \quad \Rightarrow \quad y = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U_y}{m \cdot d} \cdot \frac{1}{v_0^2} \cdot x^2 \quad (6)$$

unabhängig von e/m, sieht man, wenn in (6) noch die Beziehung (1) eingesetzt wird:

$$y = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot x^2$$

Die Bahnen von Teilchen mit verschiedenem e/m unterscheiden sich nicht, also ist die gegebene Anordnung zur Bestimmung der spezifischen Ladung nicht geeignet.

c) Im feldfreien Raum außerhalb des Kondensators bewegen sich die Teilchen geradlinig. Es ergibt sich eine Gleichung vom Typ:

$$y^* = m \cdot x^*$$

Die Steigung m der Geraden ist die gleiche, wie die Steigung der Parabelbahn im Kondensator am Ort x = *l*. Berechnung der Parabelsteigung am Ort x = *l* durch differenzieren der Bahngleichung:

$$y' = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot x \quad \text{für } x = l: y' = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l$$

Somit gilt für die Geradengleichung:

$$y^* = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l \cdot x^* \quad \text{für } x^* = a: \quad y^* = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l \cdot a$$

d) Die gesamte Ablenkung y_0 setzt sich aus der Ablenkung im Kondensator y_P und der in Teilaufgabe c) berechneten Ablenkung y* zusammen.
Berechnung von y_P aus der in Teilaufgabe b) hergeleiteten Formel für x = l:

$$y_P = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l^2$$

$$y_0 = y_P + y^* \quad \Rightarrow \quad y_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{U_y}{U_x \cdot d} \cdot l \cdot a$$

Bestimmung von y_0: $y_0 = \frac{U_y \cdot l}{4 \cdot U_x \cdot d} \cdot (l + 2a)$

Aus der Formel sieht man, dass die Gesamtablenkung proportional zur Ablenkspannung U_y ist.

a) Berechnung der Kapazität:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad \Rightarrow \quad C = \varepsilon_0 \cdot \frac{r^2 \cdot \pi}{d} \quad \Rightarrow$$

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{0{,}12^2 \cdot \pi}{1{,}5 \cdot 10^{-3}} \frac{As \cdot m^2}{Vm \cdot m} = 2{,}7 \cdot 10^{-10} F$$

Berechnung der Ladung:

$$Q = C \cdot U \quad \Rightarrow \quad Q = 2{,}7 \cdot 10^{-10} \cdot 240 \frac{As}{V} \cdot V = 6{,}4 \cdot 10^{-8} As$$

b) Berechnung der Feldstärke:

$$E = \frac{U}{d} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{240}{1{,}5 \cdot 10^{-3}} \frac{V}{m} = 1{,}6 \cdot 10^5 \frac{V}{m}$$

Berechnung der gespeicherten elektrischen Energie:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad \Rightarrow \quad W = \frac{1}{2} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-10} \cdot 240^2 \frac{As}{V} \cdot V^2 = 7{,}7 \cdot 10^{-6} J$$

c) Berechnung der Kraft:

$$F = \frac{1}{2} \cdot E \cdot Q \quad \Rightarrow \quad F = \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 10^5 \cdot 6{,}4 \cdot 10^{-8} \frac{V}{m} \cdot As = 5{,}1 \cdot 10^{-3} N$$

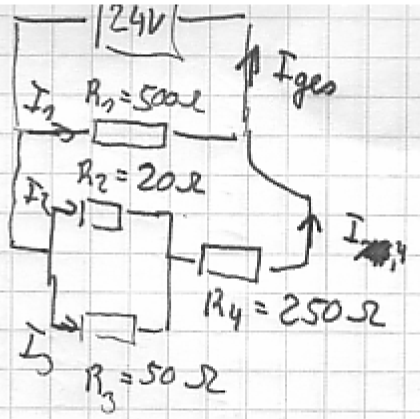
d) Berechnung der Coulombkraft zwischen den Punktladungen:

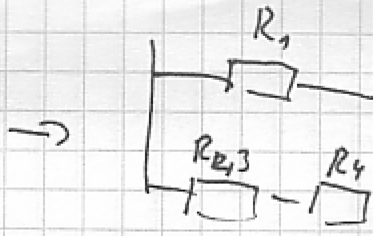
$$F_{coul} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{d^2} \quad \Rightarrow \quad F_{coul} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{(6{,}4 \cdot 10^{-8})^2}{(1{,}5 \cdot 10^{-3})^2} N = 16 N$$

Die Kraft zwischen den Punktladungen ist wesentlich größer:

- Im Falle des Kondensators sind die Ladungen im Mittel weiter voneinander entfernt als die beiden Punktladungen.
- Außerdem addiert sich ein Teil der Kraftkomponenten gegenseitig zu Null.

$7\ \Omega^{-1}$





$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = 0{,}0$$

$$U_g = R_g I_g$$

$$R_{2,3} = 14{,}3\ \Omega$$

$$R_{2,3,4} = R_{2,3} + R_4 = 264{,}3\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{2,34}} = 0{,}0058\ \Omega^{-1} = 172{,}9\ \Omega$$

$$I_g = \frac{U_g}{R_g} = 0{,}138\ A$$

$$I_1 = \frac{U_g}{R_1} = 0{,}048\ A$$

$$U_g = U_{2,3} + U_4 \qquad I_4 = \frac{U_g}{R_{2,34}} = 0{,}09\ A$$

$$U_4 = R_4 I_4 = 22{,}5\ V$$

$$U_{2,3} = R_{2,3} I_4 = 1{,}29\ V$$