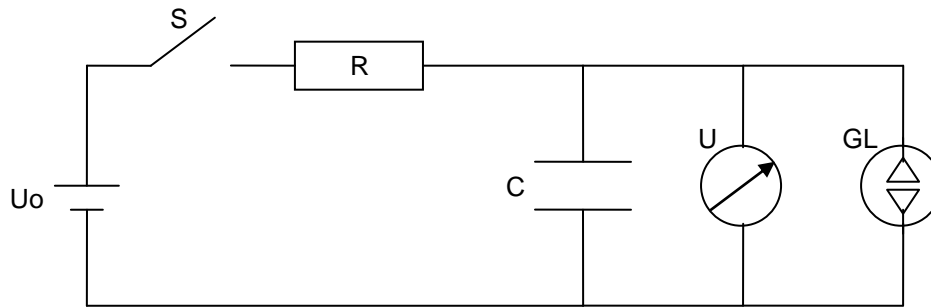


# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 1

## Aufgabe 1



$$U_0 = 250V, R = 0,5 M\Omega, C = 40 \mu F$$

Zur Zeit  $t = 0s$  wird der Schalter S geschlossen. Die Spannung  $U$  am Kondensator wird gemessen:

t/s	0	2,7	5,9	8,3	11,2	14,2	17,3	20,2	23,9	28,3	33,5
U/V	0	31	62	90	112	134	152	168	180	199	211

Zur Zeit  $t = 33,8s$  zündet die Glimmlampe GL bei der Zündspannung  $U_z = 215V$  zum ersten Mal und leuchtet  $4,8s$  lang, bis sie bei ihrer Löschespannung  $U_L = 125V$  wieder erlischt. Danach bleibt sie eine kurze Zeit dunkel, bis sie erneut bei  $U_z = 215V$  zündet und nach  $4,8s$  wieder bei  $U_L = 125V$  aufhört zu leuchten. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch.

- Skizziere den am Voltmeter beobachteten Spannungsverlauf  $U$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  und deute die Vorgänge in der Schaltung!
- Suche mit Hilfe deines GTR für die in der Tabelle dargestellten Messwerte eine geeignete Regression für  $U(t)$ ! Bestimme die Zündspannung mit dieser Regressionsgleichung **und** mit dem physikalischen Gesetz für diesen Vorgang! Berechne den prozentualen Unterschied!
- Bestimme den Widerstand der Glimmlampe!
- Berechne jeweils die elektrische Energie, die zum Zeitpunkt der Zündung und zum Zeitpunkt der Erlöschung der Glimmlampe im Kondensator gespeichert ist, und daraus den Energieverbrauch und die Leistung der Glimmlampe für eine Leuchtphase!

## Aufgabe 2

- Durch einen waagrecht aufgestellten großen Plattenkondensator mit dem Plattenabstand  $d = 10cm$  sollen kugelförmige negative Ladungen der Masse  $m = 1mg$  und der Ladung  $Q_1 = 1,5 \cdot 10^{-8} C$  so hindurch geschossen werden, dass sie ohne Ablenkung durch das Kondensatorfeld dieses wieder verlassen können. Zeige, dass hierfür eine Kondensatorspannung von  $U_K = \frac{m \cdot g \cdot d}{Q_1}$  erforderlich ist und berechne diese!
- Die Ladung  $Q_1 = 1,5 \cdot 10^{-8} C$  soll senkrecht über einer anderen kugelförmigen Ladung  $Q_2$  schweben, so dass sich ihre Mittelpunkte im Abstand  $r = 10cm$  voneinander entfernt befinden. Zeige, dass für die Ladung  $Q_2$  gilt:  $Q_2 = \frac{4 \cdot \epsilon_0 \cdot \pi \cdot m \cdot g}{Q_1} \cdot r^2$ , und berechne sie! Berechne die elektrische Feldstärke in der Mitte zwischen den beiden Ladungskugeln!

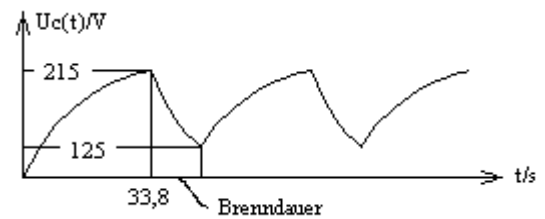
**Begründe deine Herleitungen!** Beide Versuche finden im Vakuum statt.

# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 1

## LÖSUNGEN

### Aufgabe 1

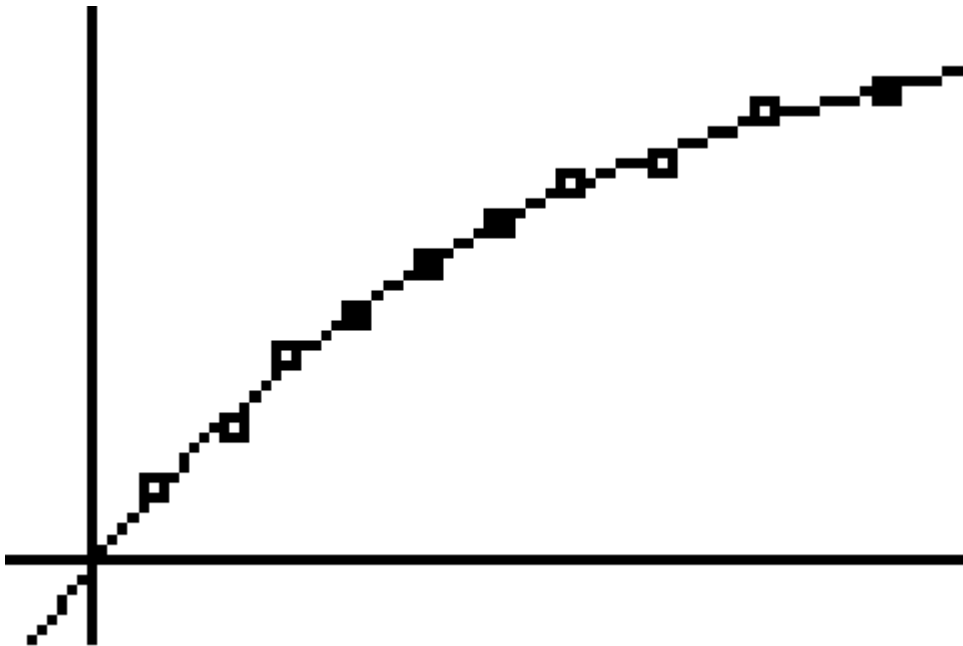
- a) Wird der Schalter S geschlossen, lädt sich der Kondensator über den Ladewiderstand R auf. Zu Beginn steigt die Spannung schnell an, da die abstoßenden Kräfte der bereits gespeicherten Ladungen noch gering sind. Diese nehmen dann bei fortgeschrittener Aufladung zu, so dass die Spannung dann langsamer steigt. Nach 33,8 s und 215 V zündet die Glimmlampe, und der Kondensator kann sich über die Glimmlampe entladen. Hatte sie vorher einen unendlich hohen Widerstand, so ist er jetzt deutlich kleiner. Der Kondensator kann sich nur so weit entladen, bis die Glimmlampe nach der Brenndauer wieder bei 125 V ausgeht und ihr Widerstand damit unendlich hoch wird. Nun kann sich der Kondensator erneut aufladen bis zum nächsten Zünden der Glimmlampe.



- b) Als Regression kommt zum Beispiel die Option 7 „QuartReg“ in Frage. Sie lautet:

$$U(t) \approx 1,36 \cdot 10^{-5} \frac{\text{V}}{\text{s}^4} \cdot t^4 + 0,002 \frac{\text{V}}{\text{s}^3} \cdot t^3 - 0,270 \frac{\text{V}}{\text{s}^2} \cdot t^2 + 13,11 \frac{\text{V}}{\text{s}} \cdot t - 3,36 \text{V} .$$

Diese Funktion beschreibt den Verlauf der Messpunkte sehr gut, kann aber für größere Spannungen nicht mehr richtig sein, da sie keinen Grenzwert besitzt und der Kondensator sich aber nur auf maximal 250 V aufladen kann.



Nach 33,8 s wird die Zündspannung erstmalig erreicht. Mit der oben genannten Regressionsgleichung ergibt sich dann eine Zündspannung von  $U_{z,R} \approx 212,17 \text{V}$ . Nach dem Gesetz für den Aufladevorgang eines Kondensators ergibt sich:

$$U_z = 250 \text{V} \left( 1 - e^{\frac{-1}{0,540 \text{s}} \cdot 33,8 \text{s}} \right) \approx 203,87 \text{V} .$$

Vergleicht man beide Werte, so liegt der Regressionswert deutlich näher am gemessenen Wert. Der prozentuale Unterschied des Regressionswertes zum gesetzmäßigen Wert beträgt:

$$\frac{(212,17 - 203,87)}{203,87} \approx 0,04 = 4\% .$$

# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 1

- c) Der Kondensator entlädt sich über die Glimmlampe. Es gilt:  $U(t) = e^{\frac{-t}{R_{GL}C}}$ . Setzt man die

Zahlen ein, gilt:  $125V = 215V \cdot e^{\frac{-4,8s}{R_{GL} \cdot 40\mu F}}$ . Daraus folgt:

$$R_{GL} = \frac{-4,8s}{40\mu F \cdot \ln\left(\frac{125}{215}\right)} \approx 221,27 k\Omega.$$

- d) Für die elektrische Energie gilt:  $W_{el} = \frac{1}{2}CU^2$ . Daraus ergibt sich beim Zünden:

$$W_{el,Z} = \frac{1}{2}40\mu F(215V)^2 = 0,9245J \text{ und beim Erlöschen:}$$

$$W_{el,L} = \frac{1}{2}40\mu F(125V)^2 = 0,3125J.$$

Die Glimmlampe setzt also in ihrer Glimmphase 0,612 J um und hat damit eine mittlere Leistung von  $\frac{0,612J}{4,8s} = 0,1275W$ .

## Aufgabe 2

- a) Zwischen der Gewichtskraft und der elektrischen Kraft muss ein Gleichgewicht herrschen:

$m \cdot g = E \cdot Q_1$ . Für die elektrische Feldstärke eines Plattenkondensators gilt:  $E = \frac{U_K}{d}$ . Damit

folgt:  $m \cdot g = \frac{U_K}{d} \cdot Q_1 \Rightarrow U_K = \frac{m \cdot g \cdot d}{Q_1}$ . Setzt man die Werte ein, ergibt sich:

$$U_K = \frac{1mg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 10cm}{1,5 \cdot 10^{-8} C} = 65,400V.$$

- b) Zwischen der Gewichtskraft und der Coulomb-Kraft muss ein Gleichgewicht herrschen:

$m \cdot g = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$ . Löst man nach  $Q_2$  auf, so erhält man:  $Q_2 = \frac{4 \cdot \epsilon_0 \cdot \pi \cdot m \cdot g}{Q_1} \cdot r^2$ . Mit den

vorgegeben Daten ergibt sich:

$$Q_2 = \frac{4 \cdot 8,854188 \cdot 10^{-12} \cdot \pi \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{1,5 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,1^2 C \approx 7,28 \cdot 10^{-10} C.$$

Da die Ladungen sich abstoßen, sind in der Mitte zwischen den beiden Ladungskugeln die Feldstärkevektoren entgegengesetzt gerichtet. Für den Betrag der gesuchten Feldstärke gilt:

$$E = E_1 - E_2 = \frac{Q_1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^2} - \frac{Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{Q_1 - Q_2}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}. \text{ Hieraus folgt mit den}$$

entsprechenden Werten:  $E \approx 51,3 \frac{kV}{m}$ .