

Lösungen der Klausuraufgaben

- 1.1. Bestimmen Sie die Plattenfläche A eines luftgefüllten Plattenkondensators, der bei einem Plattenabstand von $d=2\text{ mm}$ und einer Spannung von $U=230\text{ V}$ die gleiche Energie speichert wie eine Autobatterie von 12 V und 108 Ah .
- 1.2. Ein Wattebausch mit der Masse $m=0,05\text{ g}$ trägt die Ladung $Q=9\cdot 10^{-8}\text{ C}$. Bestimmen Sie die Spannung, die zwischen den Platten eines horizontal angeordneten Plattenkondensators (Plattenabstand $d=3,5\text{ cm}$) anliegen muss, damit der Wattebausch schwebt.
- 1.3. Berechnen Sie die Ladung, auf die ein Plattenkondensator ($A=314\text{ cm}^2$, $d=0,5\text{ mm}$) bei einer Spannung $U=230\text{ V}$ aufgeladen wird, und welche Energie in diesem Fall in seinem Feld gespeichert ist.
- 1.4. Ein Plattenkondensator wird aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt.
 - a) Beschreiben Sie, wie sich die Feldstärke E und die Spannung U ändern, wenn der Plattenabstand halbiert, gedrittelt, geviertelt wird.
 - b) Zeigen Sie, dass sich der Energieinhalt verdoppelt, wenn man den Abstand der Platten verdoppelt?
 - c) Woher kommt die gewonnene elektrische Energie?

$$P=U\cdot I=\frac{W}{t} \Rightarrow W=P\cdot t=U\cdot I\cdot t=12\text{ V}\cdot 108\cdot 3600\text{ A}\cdot\text{s}=4,65\cdot 10^6\text{ J}$$

1.1.

$$W=\frac{1}{2}\cdot C\cdot U^2=\frac{1}{2}\cdot \epsilon_0\cdot \frac{A}{d}\cdot U^2 \Leftrightarrow A=\frac{W\cdot d\cdot 2}{\epsilon_0\cdot U^2}=4\cdot 10^{10}\text{ m}^2=40000\text{ km}^2$$

1.2.

$$\text{Kräftegleichgewicht: } m\cdot g=Q\cdot E=Q\cdot \frac{U}{d} \Rightarrow U=\frac{m\cdot g\cdot d}{Q}=191\text{ V}$$

$$\text{Einheitenbetrachtung: } [U]=\left[\frac{W}{q}\right]=\frac{\text{J}}{\text{C}}=\frac{\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2\cdot\text{m}}{\text{C}}=\frac{\text{J}}{\text{C}}=1\text{ V}$$

$$C=\frac{Q}{U}=(\text{Pl. - Kond.}) \frac{\epsilon_0\cdot A}{d} \Rightarrow Q=\frac{\epsilon_0\cdot A\cdot U}{d}=1,28\cdot 10^{-7}\text{ C}$$

1.3.

$$\text{Einheitenbetrachtung: } \frac{\frac{\text{As}}{\text{Vm}}\cdot\text{m}^2\cdot\text{V}}{\text{m}}=\text{As}=\text{C}$$

$$W=\frac{1}{2}\cdot C\cdot U^2=\frac{1}{2}\cdot Q\cdot U=14,7\mu\text{ J}$$

1.4.

$$\text{a) } \frac{Q}{A}=\epsilon_0\cdot E \Rightarrow E=\text{konst.} \Rightarrow U=E\cdot d\sim d, \text{ d.h. } U \text{ ist proportional zu } d$$

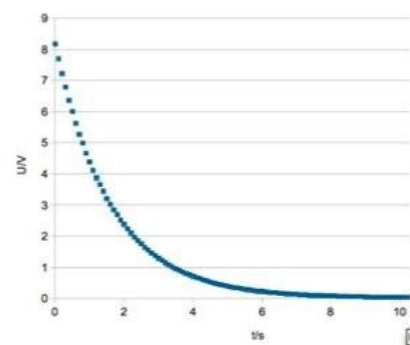
$$\text{b) } W=\frac{1}{2}\cdot C\cdot U^2=\frac{1}{2}\cdot Q/U\cdot U^2=\frac{1}{2}\cdot Q\cdot U \Rightarrow W\sim d \text{ d.h. } W \text{ ist proportional zu } d$$

c) Der Experimentator wirkt mit einer Kraft entlang eines Weges, d.h. er verrichtet Arbeit und erhöht dadurch die Energie des Systems Plattenkondensator.

- 1.5. Ein Kondensator entlädt sich immer qualitativ gemäß dem nebenstehenden Graphen.

a) Welche mathematische Funktion reproduziert den Verlauf der Messwerte? Argumentieren Sie mathematisch und geben Sie eine möglichst genaue Funktionsgleichung $U(t)$ an!

b) Welche physikalischen Größen beeinflussen die Entladekurve? Argumentieren Sie physikalisch!



a) Einige Messwertpaare ermitteln \rightarrow GTR $\rightarrow U(t)=8,2\text{ V}\cdot e^{-0,58/s\cdot t}$

$$\text{oder: Halbwertszeit bestimmen } \rightarrow T_{1/2}=1,15\text{ s} \Rightarrow U(t)=8,2\text{ V}\cdot \frac{1}{2}^{t/1,15\text{ s}}=8,2\text{ V}\cdot 2^{-t/1,15\text{ s}}$$

b) C und R: $T_{1/2}=R\cdot C\cdot \ln(2)$ (siehe Tafelbild „geratene Funktion, die die Differentialgleichung erfüllt“)

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. Die Wolkenbasis befinde sich in $h=330 \text{ m}$ über dem Erdboden. Bestimmen Sie die elektrische Spannung U .
- 2.4. Berechnen Sie die Kapazität des Systems.
- 2.5. Wie viel elektrische Energie ist in dem elektrischen Feld zwischen Wolke und Erdboden kurz vor der Auslösung des Blitzes gespeichert?

$$2.1. \quad I = \frac{Q}{t} = 15 \text{ C} / 120 \text{ s} = 0,125 \text{ A}$$

$$2.2. \quad \frac{Q}{A} = \epsilon_0 \cdot E \Leftrightarrow E = \frac{Q}{A \cdot \epsilon_0} = 2260 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$2.3. \quad U = E \cdot d = 746 \text{ MV}$$

$$2.4. \quad Q = CU \Leftrightarrow C = \frac{Q}{U} = 20 \text{ nF}$$

$$\text{Alternativ: } C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d}$$

$$2.5. \quad W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2C} \cdot Q^2 = 5,6 \text{ GJ} = 1554 \text{ kWh}$$