

Leistungsfach Physik 12/1 Klausur Nr. 1

Aufgabe 1: Die Kapazität eines Kondensators

Der große Plattenkondensator wird – wie zuletzt im Unterricht – durch Anlegen einer bestimmten Spannung aufgeladen. Unmittelbar danach wird die gespeicherte Ladung gemessen. Während der Messserie bleibt der Plattenabstand konstant bei $d = 0,5 \text{ cm}$. Der Durchmesser der Platten beträgt $D = 26 \text{ cm}$. Es ergeben sich folgende Messwerte:

U / V	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Q / 10^{-8} C	0,92	1,89	2,84	3,72	4,71	5,64	6,57	7,50	8,46

- a) Bestimme mit dem GTR den Zusammenhang zwischen der Flächenladungsdichte $\sigma = \frac{Q}{A}$

(A: Fläche einer Kondensatorplatte) und der elektrischen Feldstärke $E = \frac{U}{d}$!

Ergänze die vorgelegte Tabelle um die Zeilen für σ und E und gib die vom GTR berechnete Regressionsgleichung und ihre physikalische Entsprechung mit den korrekten Einheiten an!

- b) Die Definition für die **Kapazität eines Kondensators** lautet: $C = \frac{Q}{U}$.

Zeige, dass aus dem Zusammenhang $\sigma = \epsilon_0 \cdot E$ folgt: $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$!

($\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}}$ ist die elektrische Feldkonstante.)

- c) Es gilt also: $C \sim \frac{1}{d}$. Beschreibe und erläutere ein Verfahren, mit dem bei vorliegenden Messreihen für C und d dieser antiproportionale Zusammenhang nachgewiesen und die Vermutung, der Zusammenhang sei exponentieller Natur, verworfen werden kann!

reihen für C und d dieser antiproportionale Zusammenhang nachgewiesen und die Vermutung, der Zusammenhang sei exponentieller Natur, verworfen werden kann!

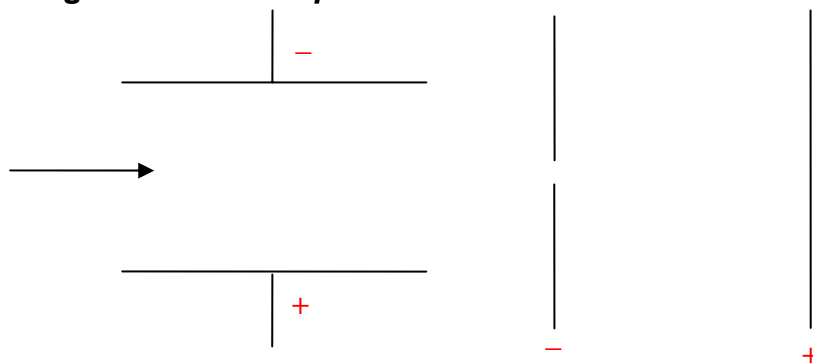
- d) $C \sim \frac{1}{d}$ bedeutet, dass die Fähigkeit des Kondensators bei einer konstanten Ladenspannung

Ladungen aufzunehmen steigt, wenn der Abstand der Platten abnimmt.

Deute diese Feststellung mit dem Ladungs- und Feldmodell!

Fertige ergänzend zu deinem Text geeignete Bilder an!

Aufgabe 2: Spiel mit einem Proton



Ein Proton

($m = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,

$e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) soll

zunächst ein vertikales elektrisches Feld horizontal durchfliegen und danach durch eine kleine Öffnung in ein horizontales elektrisches Feld eintreten. Beide Felder sind homogen.

- a) Der Plattenabstand des linken Kondensators

beträgt $d = 2 \text{ cm}$. Wie groß muss die Spannung am linken Kondensator gewählt werden, damit das Proton ihn horizontal durchfliegen kann?

- b) Der rechte Kondensator hat ebenfalls einen Plattenabstand von $d = 2 \text{ cm}$. An ihm liegt eine Spannung von $U_{\text{brems}} = 25 \text{ kV}$. Mit welcher Geschwindigkeit ist das Proton durch das Loch geflogen, wenn es genau in der Mitte des rechten Kondensators zum Stillstand kommt?

Leistungsfach Physik 12/1 Klausur Nr. 1

Lösungen

Aufgabe 1

a)

U / V	100	200	300	400	500	600	700	800	900
E / (kV/m)	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Q / 10^{-8} C	0,92	1,89	2,84	3,72	4,71	5,64	6,57	7,50	8,46
$\sigma / 10^{-7}$ (C/m ²)	1,73	3,56	5,35	7,01	8,87	10,62	12,37	14,13	15,93

Für die Fläche erhält man: $A = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \approx 0,053\text{m}^2$.

Die Regressionsgleichung lautet: $y = 8,847696 \cdot 10^{-12} \cdot x - 5,75511 \cdot 10^{-10}$.

Physikalisch bedeutet dies: $\sigma = 8,847696 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}} \cdot E$

Der y-Achsenabschnitt kann vernachlässigt werden, da er sehr klein ist (Nullpunktsfehler). Außerdem muss die gefundene Gerade durch den Ursprung gehen, da bei der Feldstärke Null auch die Flächenladungsdichte den Wert Null besitzt.

[Stellt man E in Abhängigkeit von σ dar, so ergibt sich: $E = 1,13 \cdot 10^{11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \sigma$.]

$$\text{b) } \sigma = \epsilon_0 \cdot E \wedge \sigma = \frac{Q}{A} \wedge E = \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{Q}{A} = \epsilon_0 \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

c) $C \sim \frac{1}{d}$ bedeutet, dass C proportional zu $x = \frac{1}{d}$ ist. Trägt man die Werte für $x = \frac{1}{d}$ auf der x-Achse eines Koordinatensystems und die dazu gehörenden Werte für C auf der y-Achse ab, so muss sich eine Ursprungsgerade ergeben. Ist dies der Fall, gilt die behauptete Abhängigkeit.

Wird ein exponentieller Zusammenhang vermutet, z.B. $C = a \cdot b^d$, so sieht man an der Umformung $\log(C) = \log(b) \cdot d + \log(a)$, dass $\log(C)$ linear von d abhängen müsste. Trägt man jetzt auf der x-Achse die Größe d und auf der y-Achse die dazu gehörenden Werte $\log(C)$ auf, und ergibt sich keine Gerade, so ist die Vermutung eines exponentiellen Zusammenhangs zu verwerfen.

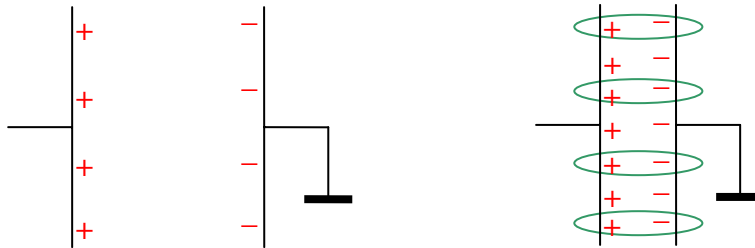
- d) In dieser Deutung müssen 2 Wechselwirkungen zwischen den Ladungen diskutiert werden:
- Gleichnamige Ladungen auf einer Platte stoßen sich ab und verhindern somit eine weitere Aufladung,
 - Ungleichnamige Ladungen ziehen sich an und können dies umso besser, je näher sie zusammen sind.

Bei einer bestimmten Ladespannung und einem bestimmten Abstand der Platten voneinander passt eine bestimmte Ladungsmenge auf den Kondensator. In dieser Konstellation können keine weiteren Ladungen auf den Kondensator fließen, da die gegenseitige elektrostatische Abstoßung dies verhindert. Die elektrische Feldstärke und damit die elektrische Kraft haben auf Grund des gewählten Abstands der Platten einen bestimmten Wert, er ist bei großem Ab-

Leistungsfach Physik 12/1 Klausur Nr. 1

stand kleiner als bei geringem Abstand.

Verkleinert man nun den Abstand, so nimmt die elektrische Feldkraft zu, die Wirkung der Ladungen der linken Platte auf die der rechten Platte nimmt zu (siehe b)). Denkt man sich den Abstand der Platten sehr klein, so „neutralisieren“ sich jeweils eine positive und eine negative Ladung bezüglich ihrer Außenwirkung und die elektrostatische Abstoßungskraft auf den Platten nimmt ab (siehe a)). Zusätzliche Ladungen können auf die Platten gebracht werden. Berühren sich beide Platten (Extremfall: $d=0$), so können unendlich viele positive Ladungen auf die linke Platte gebracht werden, da sie sofort über die rechte zurück in die Erde fließen.



Aufgabe 2

- a) Das Proton besitzt eine Gewichtskraft $G = m \cdot g$, die es nach unten beschleunigt. Diese Kraft muss durch die elektrische Feldkraft kompensiert werden $F_{el} = E \cdot e = \frac{U}{d} \cdot e$. Also gilt:

$m \cdot g = \frac{U}{d} \cdot e$. Hieraus folgt: $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{e} \approx 2 \cdot 10^{-9} V$. Die erforderliche Spannung ist auf Grund der geringen Gewichtskraft ebenfalls sehr gering!

- b) Auf Grund seiner Geschwindigkeit v besitzt das Proton die kinetische Energie $W_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$.

Im Feld des Kondensators muss es gegen die Feldkraft anlaufen und wandelt dabei seine kinetische Energie in potentielle um: $W_{pot} = F_{el} \cdot \frac{d}{2} = E \cdot e \cdot \frac{d}{2} = \frac{U}{d} \cdot e \cdot \frac{d}{2} = \frac{U \cdot e}{2}$.

Gleichsetzen liefert: $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{U \cdot e}{2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{U \cdot e}{m}}$.

Mit den vorgegeben Werten ergibt sich: $v \approx 1547505,93 \frac{m}{s} \approx 0,005 \cdot c$.