Physik PF/NF 12.2 Klausur 1

Name:............................ Verr.-P.: $\frac{24,5}{25}$ Noten-P.: 15

Hinweis: Die max. Punktzahl ist nur bei vollständiger Darstellung erreichbar.

1. Ein Plattenkondensator besteht aus zwei vertikalen quadratischen Platten der Seitenlänge l=28,3 cm, zwischen denen sich Luft befindet. Der Plattenabstand beträgt d=5 mm.
   a) Der Plattenkondensator wird an eine Spannungsquelle mit 1,2 kV angeschlossen. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke zwischen den Platten, sowie die Kapazität, die Ladung und die Energie des Kondensators.
   Wie kann die Gleichung für die Energie hergeleitet werden?

   b) Nach dem Abtrennen des Kondensators von der Quelle wird der Plattenabstand verdoppelt. Wie verändern sich die elektrische Feldstärke, die Kapazität, die Spannung und die Energie des Kondensators? Begründung!

   c) Der Plattenabstand aus Teilaufgabe a) wird nach dem Abtrennen von der Quelle jetzt mit einem Elektroskop verbunden. Dieses zeigt die Spannung U=0,9 kV an. Wie ist das Absinken der Spannung zu erklären?
   welche Kapazität hat das Elektroskop?
   d) Der Plattenkondensator wird nun bis zur Füllhöhe h mit Benzin (ε_r=2,4)gefüllt. Erklären Sie die Veränderung!

   e) Stellen Sie den Potentialverlauf des Kondensators in einer Skizze dar! Legen Sie den Bezugspunkt auf 1. die negative Platte und 2. auf die Mitte zwischen den Kondensatorplatten!

2. a) Was versteht man unter elektrischer Influenz und Polarisation?
   b) Warum erfährt ein polarisierter bzw. influenzierter Körper im elektrischen Feld eine Kraft?

   Bearbeiten Sie alternativ 3. oder 4. ! (nicht beides)

3. a) Wie wurde die elektrische Feldstärke definiert? Welch Überlegungen liegen dieser Definition zu Grunde?
   b) Vergleichen Sie das elektrische Kraftfeld mit einem anderen Kraftfeld z.B. mit dem Gravitationsfeld!

4. a) Was versteht man unter dem Halleffekt?
   b) Warum verwendet man ihn zur Bestimmung von Magnetfeldern?
   c) Warum werden i.a. Halbleiter für die Magnetfeldsonde eingesetzt?

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m

1. $l = 0{,}283\,m$ $\quad$ $d = 0{,}005\,m$

$A = 0{,}080089\,m^2$

a) $U = 1200\,V$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1200\,V}{0{,}005\,m} = 240\,000\,\frac{V}{m}$$

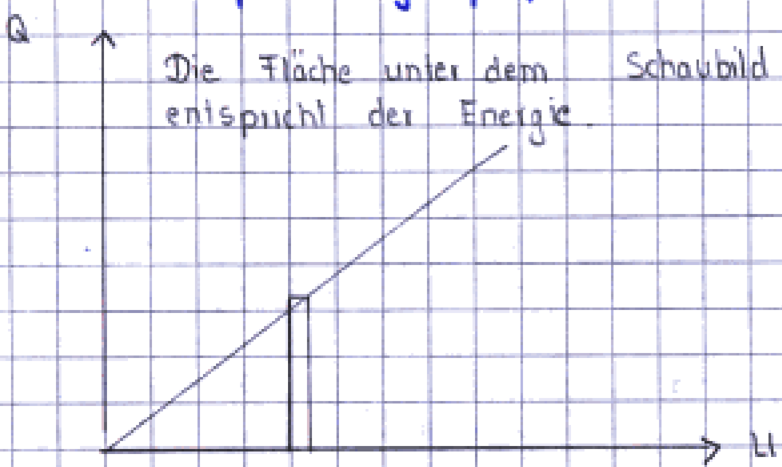
$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{F}{m} \cdot \frac{0{,}080089\,m^2}{0{,}005\,m} = 1{,}418 \cdot 10^{-10}\,F$$

$$Q = C \cdot U = 1{,}418 \cdot 10^{-10}\,C \cdot 1200\,V = 1{,}7 \cdot 10^{-7}\,C$$

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = 0{,}5 \cdot 1{,}418 \cdot 10^{-10}\,F \cdot (1200\,V)^2 = 1{,}021 \cdot 10^{-4}\,J$$

Bei der Aufladung eines Kondensators (und dabei handelt es sich ja nur um Ladungstrennung) wird Arbeit gegen das elektr. Feld an den Ladungen verrichtet. Die Energie ist im Feld, durch die unterschiedlichen Ladungen auf den beiden Kondensatorplatten gespeichert.

Man kann die Energie nicht über $W = Q \cdot U$ ausdrücken, da die Spannung proportional zur Ladung ansteigt.



$$W = \int_0^Q Q \cdot U\, d \qquad U = \frac{Q}{C}$$

$$= \frac{1}{C} \int_0^Q Q\, dQ$$

$$= \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot Q^2$$

$$= \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot C^2 \cdot U^2 = \frac{1}{2} C U^2$$

$$W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C U^2$$

Bei einem Kondensator mit der Kapazität C muss bei der Aufladung die Ladung $Q = C \cdot U$ verschoben werden, dazu benötigt man die Energie $W = \frac{1}{2} C U^2$. Beim Entladen wird diese Energie wieder frei.

∫ 2n.

Außerdem gilt für den Kondensator

$$U = E \cdot d \qquad C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$ setzt man dies ein

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} \cdot E^2 \cdot d^2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A \cdot d \cdot E^2$$

so sieht man, dass W sowohl zu V (A·d) als auch zu E^2 proportional ist, die Energie also im Feld gespeichert sein muss. Für die Energiedichte gilt:

$$\varrho_{el} = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot Ad \cdot E^2}{V} = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E^2$$

b) Abgetrennter Kondensator bedeutet Q = konstant

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$ → ε_0, ε_r, A sind konstante Größen ändert sich d (verdoppelt sich) so halbiert sich die Kapazität

$$C \sim \frac{1}{d}$$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{C \cdot d} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{\cancel{d}} \cdot \cancel{d}}$$ → E bleibt konstant, da der Faktor d keine Rolle spielt (kürzt sich heraus). Ist Q konstant; C wird größer und d kleiner ist auch E konstant.

Durch die konstante Ladung bleiben die Feldlinien und damit auch die Feldstärke konstant

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q\,d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}$$ → verdoppelt sich d so verdoppelt sich auch U $U \sim d$
Wird die Kapazität im Quotienten $\frac{Q}{C}$ kleiner wird U größer.

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} C \cdot \left(\frac{Q \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} \cdot \frac{Q^2 d^2}{\varepsilon_0^2 \varepsilon_r^2 A^2}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{Q^2 \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}$$

→ da Q, ε_0, ε_r, A konstant verdoppelt sich W bei einer Verdopplung von d
$W \sim d$

Die Energie nimmt durch das Auseinanderziehen der Platten zu.

c) Ein Elektroskop besitzt selbst eine Kapazität und trägt bei jeder Messung Ladungen, stellt also einen Kondensator dar. Verbindet man Elektroskop und Plattenkondensator erhält man also eine Parallelschaltung von Kondensatoren. Es gilt:

$C_{Ges} = C_1 + C_2 .. C_n$ Die Ladung verteilt sich auf beide Kondensatoren. Durch das Vergrößern der Kapazität $C_{Ges} = C_E + C_K$ sinkt die Spannung $Q = C \cdot U$ ← da C größer wird muss U absinken, damit die Ladung konstant bleibt.

$C_{Ges} = C_K + C_E$

Q = konstant	$C_K = 1{,}418 \cdot 10^{-10}$ F
$U^* = 900$ V	$Q_{alt} = 1{,}7 \cdot 10^{-7}$ C (aus a)

$Q_{alt} = C_{Ges} \cdot U^*$

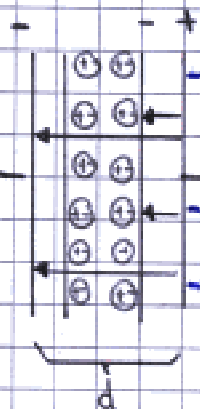
$$C_{Ges} = \frac{Q_{alt}}{U^*} = \frac{1{,}7 \cdot 10^{-7}\,C}{900\ V} = 1{,}88 \cdot 10^{-10}\,C$$

$C_{Ges} - C_K = C_E$

$C_E = 1{,}88 \cdot 10^{-10} - 1{,}418 \cdot 10^{-10} = 4{,}709 \cdot 10^{-11}$ F

d) - es verändert sich die Dielektrizitätskonstante von $\varepsilon_r = 1$ zu $\varepsilon_r = 2{,}4$

- Es findet im Isolator eine Polarisierung (d.h. eine Verschiebung der Ladungsschwerpunkte statt) es bilden sich el. Dipole



- Die Flächenladungsdichte nimmt ab, da die el. Dipole auf den Flächen des Dielektrikums zusätzlich Ladungen binden können.
- Der wirksame Abstand wird geringer.
- Da Benzin schon ein polares Molekül ist, brauchen die Moleküle sich nur noch im Feld auszurichten. Die Dielektrizitätszahl solcher Stoffe ist höher als die unpolarer Stoffe.
Die Kapazität muss somit mit ε_r multipliziert werden, da sie um ε_r verändert wird. Es gilt: $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$
- Man kann nun von einer Parallelschaltung von Kondensatoren reden. Die Kapazität im Bezug auf Füllhöhe wäre dann:

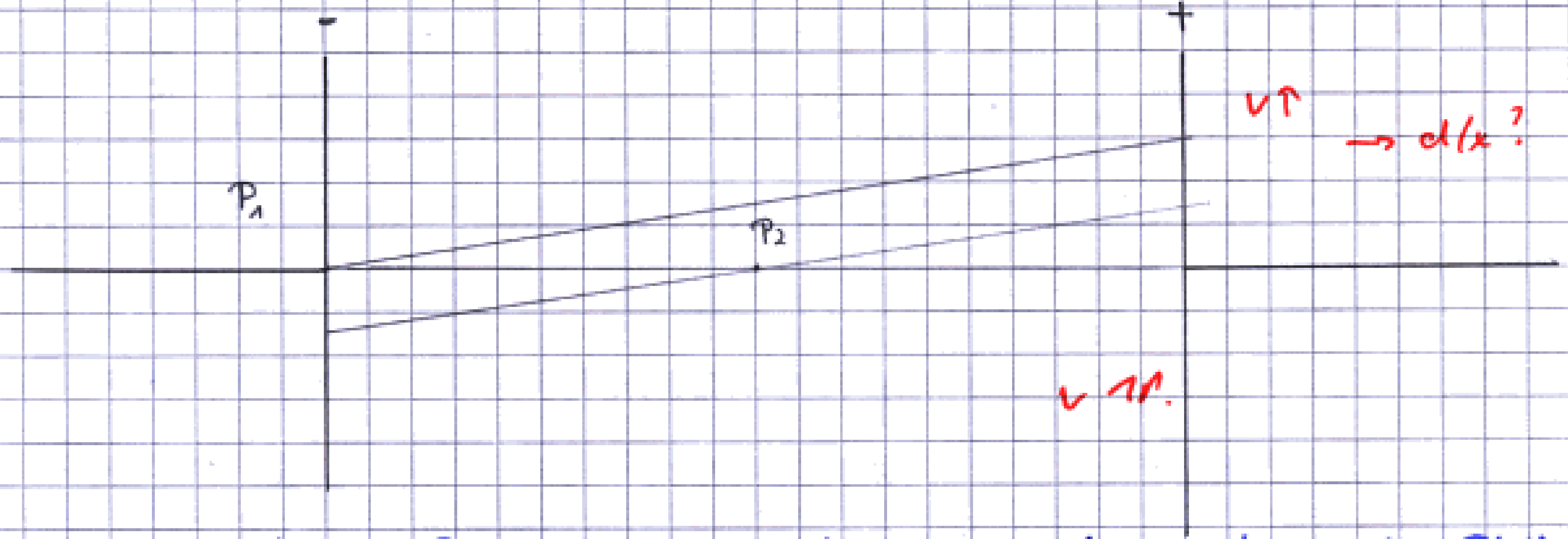
Szr.

$$C(h) = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} + \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

$$= \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{a \cdot h}{d} + \varepsilon_0 \frac{(a-h) \cdot a}{d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot a^2}{d}\left[\frac{h}{a} \cdot \varepsilon_r + 1 - \frac{h}{a}\right]$$

$$= \frac{\varepsilon_0 \cdot a^2}{d}\left[1 + \frac{h}{a}(\varepsilon_r - 1)\right] = C\left[1 + \frac{h}{a} \cdot (\varepsilon_r - 1)\right]$$

e) Potentialverlauf

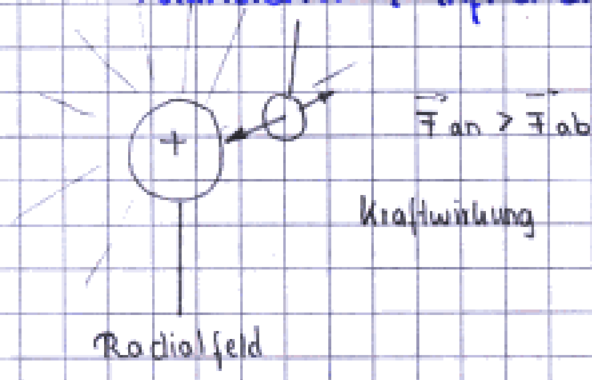


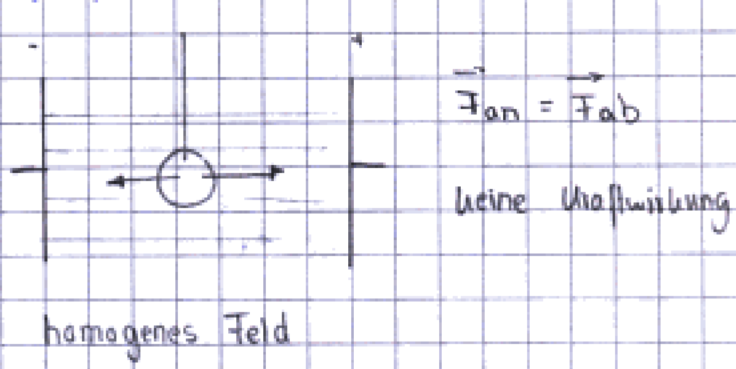
P_1 auf der neg. Platte P_2 in der Mitte zwischen den beiden Platten.
Wird eine pos. Probeladung von der neg. zur pos. Platte verschoben nimmt die Energie und die Potentialdifferenz zu.

2a) Influenz: Ist die Trennung von Ladungen in einem elektr. Leiter, durch ein von einer äußeren Ladung erzeugtes el. Feld und dessen el. Kraft.

Polarisation: Auch nichtleitende Körper werden im el. Feld ausgerichtet. Es kommt dabei zu einer Verschiebung der Ladungsschwerpunkte in den neutralen Atomen/Molekülen und es bilden sich elektr. Dipole. Dadurch bilden sich an den Außenseiten des elektr. Isolators Flächenladungen (wie bei Leitern durch Induktion). Bei polarisierten Körpern findet also keine Ladungstrennung (wie bei Influenz) statt sondern lediglich eine Ladungsverschiebung (durch das von einer äußeren Ladung erzeugte Feld und dessen Kraft, welche auf die Ladungen wirkt).

b) Polarisierter / Influenzierter Körper im el. Feld





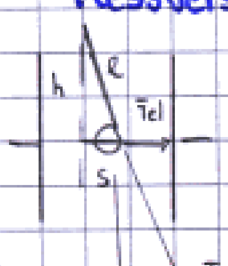
Influenzierte Körper erfahren im Radialfeld eine Kraft. Dies kommt daher, dass die Feldstärke mit zunehmendem Abstand zur Kugel abnimmt. Somit wirkt die anziehende Kraft Fan stärker auf die angezogenen Teilchen (in unserem Fall - siehe Skizze - Elektronen). Als die abstoßende Kraft

$\vec{F}_{ab}$ auf die positiven Ladungsträger auf der anderen Seite der Kugel wirken kann. Dadurch entsteht ein Ungleichgewicht zwischen Anziehung und Abstoßung und die Kugel erfährt eine Kraft.
Im homogenen Magnetfeld erfährt die Kugel keine Kraft, da die Ladungen auf beiden Seiten der Kugel gleichstark abgestoßen so wie angezogen werden $\vec{F}_{an}$ ist also gleich $\vec{F}_{ab}$. Die Kugel erfährt keine Kraft, da die Feldstärke homogen ist.
Polarisierte Körper verhalten sich genau gleich, mit dem Unterschied, dass es sich bei polarisierten Körpern um Ladungsverschiebung und nicht um Ladungstrennung (wie bei der Influenz) handelt.

∫ 2P.

3a) Die el. Feldstärke:

In einem Feldpunkt beträgt die Feldstärke, den von q unabhängigen Quotienten $E = \frac{F}{q}$. Dabei zeigt E die Richtung eines positiven Probekörpers. Die Kraft wirkt tangential zu den Feldlinien. In einem homogenen Magnetfeld sind Betrag und Richtung der Kraft in jedem Punkt gleich. Wird ein Probekörper der Ladung q zwischen zwei Kondensatorplatten gehängt. So wird er um s. ausgelenkt. Über $F = m \cdot g \cdot \frac{s}{l}$ $\left(s = \frac{F \cdot l}{m \cdot g} \right)$ lässt sich somit die Kraft berechnen die wirkt. Für die doppelte, dreifache Ladung erhält man auch die doppelte, dreifache Kraft. Somit gilt $F \sim q$. Der Quotient aus F und q ergibt die Feldstärke E, welche über einen Messverstärker nachgeprüft werden kann.



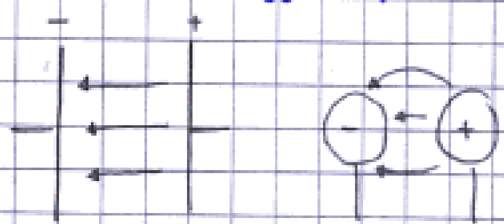
$\frac{F}{G} = \frac{h}{l}$ $\quad \frac{F}{G} \approx \frac{s}{l}$ $\quad F = m \cdot g \cdot \frac{s}{l}$

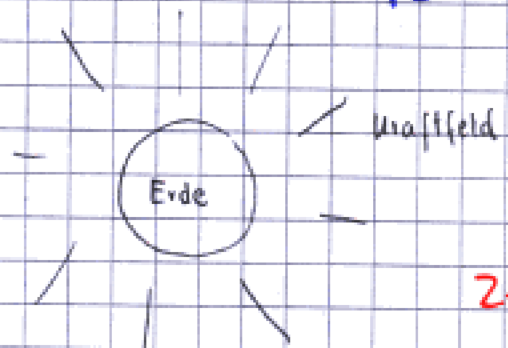
$F \sim q$ also $E = \frac{F}{q}$

∫ 2P.

b)

el. Feld	Gravitationsfeld
• Abschirmung möglich (Faraday-Käfig)	• Abschirmung nicht möglich
• Kraftwirkung auf Grund von Ladung	• Kraftwirkung auf Grund von Masse
• Anziehung u. Abstoßung möglich	• nur Anziehung
• Feldlinien v. + nach −	• Kraftlinien zum nächsten massereichen Körper
• Es gilt $F = E \cdot q$	• $G = m \cdot g$
• Homogenes- u. Radialfeld möglich	• Radialfeld (an der Erdoberfläche nahezu homogen
• erzeugt durch Photonen	• erzeugt durch Gravitonen
• Es gilt: $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$	• Es gilt $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$





2+2 !