

# Übungsaufgaben, Blatt III

## Experimentalphysik II, SoSe 2017

Prof. Grundmann, Dr. von Wenckstern [wenckst@uni-leipzig.de](mailto:wenckst@uni-leipzig.de)

Ausgabe: 21. April 2017, 18:00 Uhr

Abgabe: 2. Mai 2017, 12:00 Uhr

Bitte geben Sie den Namen Ihres Übungsleiters auf Ihren Aufgabenzetteln an.

**E12.** In der modernen Mikroelektronik nutzt man mehr und mehr Quantisierungseffekte in Halbleiterbauelementen. Als Modell für einen Einzelelektronentransistor bzw. -kondensator betrachten wir eine Kugel mit einem Radius  $R$  von 40 nm (ein sogenannter "Quantenpunkt"), die in Silizium (Dielektrizitätskonstante  $\epsilon = 11,9$ ) eingebettet ist.

a) Welche Kapazität besitzt dieser "Quantenpunkt"? **[1 Punkte]**

b) Welches Potenzial besitzt der Quantenpunkt, wenn er mit einem Elektron ( $q = -1,602 \cdot 10^{-19}$  C) beladen ist? **[1 Punkte]**

c) Welche Arbeit muß verrichtet werden, um ein weiteres Elektron aus dem Unendlichen auf den Quantenpunkt zu bringen? (Diese Energie muss aufgebracht werden, um den Quantenpunkt mit einem zweiten Elektron zu beladen. Die Tatsache, dass für kleinere Energien (bzw. angelegte externe Spannungen) kein weiteres Elektronen in den Quantenpunkt gelangt, heißt Coulomb-Blockade). **[2 Punkte]**

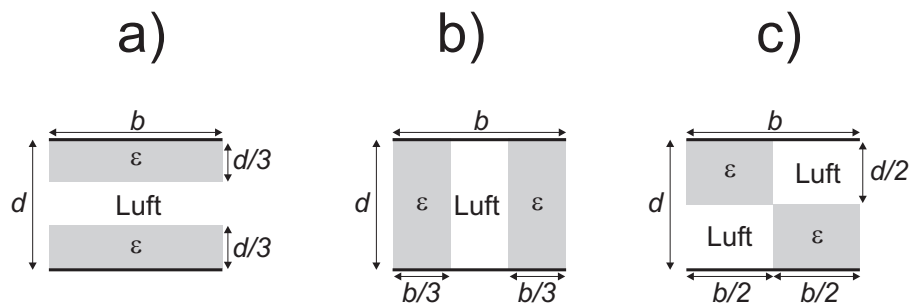
*Zusatzaufgabe: Schätzen Sie die Temperatur ab, bis zu der man die Coulomb-Blockade für unseren Quantenpunkt beobachten kann. (Siehe z.B.: Kapitel 13.3.2 in M. Grundmann, The Physics of Semiconductors, erhältlich in der Bibliothek, Zweigstelle Chemie/Physik)*

**[2 Punkte]**

d) Kann der Quantenpunkt durch elektrisches Beladen ein Potenzial von **genau** 10 mV erreichen? Wieviele Elektronen müsste er dafür aufnehmen? **[2 Punkte]**

Hinweis: Nehmen Sie an, dass es sich bei dem Quantenpunkt um einen Kugelkondensator handelt, dessen äußere Platte im Unendlichen liegt.

**E13.** Bestimmen Sie die Kapazitäten der in der untenstehenden Skizze abgebildeten Kondensatoren, welche teilweise mit einem Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  und teilweise mit Luft gefüllt sind. Die metallischen Kondensatorplatten sind Quadrate mit der Seitenlänge  $b$ . Randeffekte sollen nicht berücksichtigt werden.



Punkte:

a) **[3 Punkte]**

b) **[3 Punkte]**

c) **[4 Punkte]**

**E14.** Ein Plattenkondensator mit Plattenabstand  $d = 3,5 \text{ mm}$  ist mit zwei verschiedenen dielektrischen Schichten gefüllt. Schicht 1 besteht aus Glas ( $\epsilon = 7,5, d_1 = 2,5 \text{ mm}$ ) und Schicht zwei aus einer Keramik ( $\epsilon = 150, d_2 = 1 \text{ mm}$ ). Am Kondensator liegt eine Spannung von  $U = 2500 \text{ V}$  an.

- Wie groß sind die Feldstärken  $E_1$  und  $E_2$  und die Spannungsabfälle  $U_1$  und  $U_2$  in Schicht 1 bzw. Schicht 2? **[3 Punkte]**
- Welche effektive Dielektrizitätszahl müsste ein Stoff haben, um bei voller Ausfüllung des Kondensators die gleiche elektrische Polarisierung zu erzeugen wie das geschichtete Dielektrikum? **[2 Punkte]**

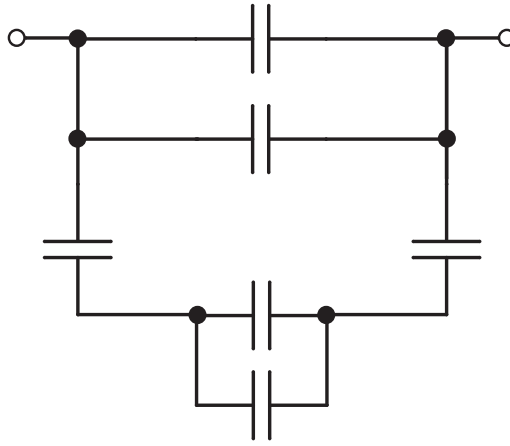
**E15.** Ein Plattenkondensator mit Platten der Fläche  $A = 5 \text{ cm}^2$  mit einem Abstand  $d = 1 \text{ mm}$  ist mit Glimmer ( $\epsilon_r = 7$ ) gefüllt und wird auf eine Spannung von  $U = 500 \text{ V}$  aufgeladen. Berechnen Sie

- die Feldstärke  $E$  und die dielektrische Verschiebung  $D$  im Kondensator **[2 Punkte]**
- die Ladung  $Q$  auf einer der Kondensatorplatten **[1 Punkte]**
- die Energiedichte  $w_e$  und die Energie  $W_e$  des elektrischen Feldes im Kondensator **[2 Punkte]**
- die Polarisierung  $P$  des Dielektrikums zwischen den Platten **[1 Punkte]**
- die Polarisationsladung  $Q_P$  auf einer plattenzugewandten Seite des Dielektrikums! **[1 Punkte]**

**E16.** Berechnen Sie die Kraft  $F$ , mit der sich die Platten eines Plattenkondensators mit Plattenfläche von  $A = 0,15 \text{ m}^2$  im Abstand von  $2 \text{ mm}$  anziehen, wenn zwischen Ihnen eine Spannung von  $U = 300 \text{ V}$  anliegt. Wie groß muss die Zugspannung sein, um eine Bewegung der Platten zu verhindern? **[5 Punkte]**

**E17.** Gegeben sind sechs Kondensatoren mit gleicher Kapazität  $C_0 = 1 \mu\text{F}$ .

- Welche Gesamtkapazität  $C$  hat die angegebene Schaltung? **[3 Punkte]**
- Durch welche Schaltung kann man mit den sechs Kondensatoren die größte bzw. kleinste Gesamtkapazität erreichen? Bestimmen Sie  $C_{\max}$  und  $C_{\min}$ ! **[2 Punkte]**



- ZA01.** Ein Plattenkondensator der Dicke  $d$  und Fläche  $A$  sei mit einem isotropen Dielektrikum gefüllt, dessen Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon(x)$  linear von einer Platte zur anderen zunimmt. Die Dielektrizitätskonstante an einer Platte ist gegeben mit  $\varepsilon_1$  und die an der anderen Platte mit  $\varepsilon_2$  ( $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ ). Berechnen Sie die Kapazität  $C$  des Kondensators und die Dichte der Polarisationsladungen  $\rho_P(x)$  im Dielektrikum in Abhängigkeit von der Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon(x)$  und der Ladung  $Q$  des Kondensators, wenn das elektrische Feld  $\vec{E}$  in Richtung der höheren Dielektrizitätskonstante zeigt! **[7 Punkte]**