

Übungsaufgabenblatt 10, EM-III

Experimentalphysik II, SoSe 2020

PD Dr. habil. H. von Wenckstern

Ausgabe: 9. Juni 2020

Abgabe: **16. Juni 2020, 18:00 Uhr**

Dielektrische Verschiebung und Kondensatoren

E11. In der Vorlesung wurde die Steighöhe einer dielektrischen Flüssigkeit (deionisiertes Wasser) in einem Plattenkondensator bestimmt. Dabei ergab sich bei einer angelegten Spannung von 600 V eine auf der Folie 32 abzulesende Steighöhe. Ermitteln Sie für den im Versuch genutzten Plattenabstand von $d = 1,3$ mm die dielektrische Konstante der Flüssigkeit (Setzen Sie die Änderung der potenziellen mechanischen Energie des Systems gleich der Änderung elektrischer Feldenergie im Kondensator). Diskutieren Sie den Einfluss möglicher Fehlerquellen, welche den Unterschied zur tatsächlichen dielektrischen Konstante von deionisiertem Wasser von 81.

[4 Punkte]

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 Elektron 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 2nd edition, erhältlich in der Bibliothek)

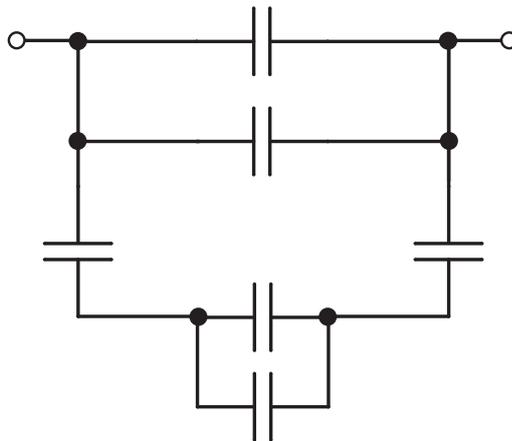
[2 Punkte]d) Kann der Quantenpunkt durch elektrisches Beladen ein Potenzial von **genau** 10 mV erreichen? Wieviele Elektronen müsste er dafür aufnehmen?**[2 Punkte]**

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

E13. 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 ε_1 und die an der anderen Platte mit ε_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]**

E14. 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]**



Gesamt:

24 Punkte