MINT Lernstudio Kamm

PHYSIK | ESSENTIALS | KURSSTUFE · KONDENSATOR 1/2

Kondensator-Grundlagen

Kapazität, Plattenkondensator und gespeicherte Energie

Video auf YouTube

Spickzettel · S. 1 | **Aufgaben · S. 2** | **Lösungen · S. 5**

Zum Austeilen ohne Lösungen: vor Seite 5 aufhören.

Bildungsplan Baden-Württemberg: 3.6.2.1 Elektrisches Feld (Leistungsfach) · 3.4.2 Elektromagnetische Felder (Basisfach)

Spickzettel: Kondensator

Was du für die Klausur sicher können musst

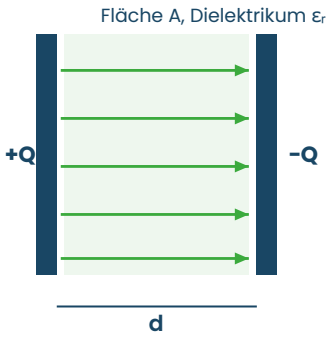
1 Kapazität

Video 0:43

- Ein Kondensator speichert Ladung: zwei voneinander isolierte Leiter, auf dem einen +Q, auf dem anderen −Q.
- Die **Kapazität** sagt, wie viel Ladung pro Volt Spannung hineinpasst.

MERKE

$C = Q / U$ Einheit $1\ F = 1\ C / V$



Plattenkondensator: homogenes Feld zwischen den Platten

1 Farad ist riesig. Im Abi: $\mu F = 10^{-6}$ F, $nF = 10^{-9}$ F, $pF = 10^{-12}$ F.

2 Plattenkondensator

Video 1:04

MERKE

$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A / d$ mit $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ As/(Vm)

- **A** Plattenfläche: größer → mehr Kapazität. **d** Plattenabstand: kleiner → mehr Kapazität.
- **ε_r** Permittivitätszahl des Isolators zwischen den Platten (Dielektrikum). Er erhöht C um genau den Faktor ε_r.

Video 1:25

Material	Luft / Vakuum	Papier	Glas	Wasser (destilliert)
ε_r	≈ 1	≈ 2–4	≈ 5–10	≈ 80

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

3 Energie im Kondensator

Video 2:05

MERKE

$E_{el} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ gleichwertig: $\frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$ oder $\frac{1}{2} \cdot Q^2 / C$

4 Die Denkfrage im Abi: Quelle dran oder getrennt?

Situation	bleibt konstant	Folge, wenn C sich ändert
Kondensator bleibt an der Quelle	**U**	$Q = C \cdot U$ ändert sich mit C
Kondensator von der Quelle getrennt	**Q**	$U = Q / C$ ändert sich umgekehrt zu C

5 So fragt das Abitur

Zusatz zum Video

- **Warum erhöht ein Dielektrikum C?** Das Dielektrikum wird polarisiert und erzeugt ein **elektrisches Gegenfeld**. Bei gleicher Ladung Q ist dann das Gesamtfeld und damit die Spannung U kleiner, also ist $C = Q / U$ größer.
- **C aus Messwerten:** Mittelwert aller Quotienten Q / U oder Steigung der Ausgleichsgeraden im Q-U-Diagramm. Mit $C_0 = \varepsilon_0 \cdot A / d$ folgt $\varepsilon_r = C / C_0$ und daraus das Material.
- **Kapazitätssensor und Messunsicherheit:** $C \sim 1/d$. Hat das Messgerät eine feste Unsicherheit ΔC, so ist die Unsicherheit des Abstands $\Delta d = d \cdot \Delta C / C$. Bei großer Kapazität (kleinem Abstand) ist die Messung genauer.

TYPISCHE FEHLER IM ABI

- ✗ „Das Dielektrikum erhöht C, weil es mehr Ladung speichert“ ohne das Gegenfeld zu nennen.
- ✗ Bei „unter Verwendung aller Messwerte“ nur ein Wertepaar verwendet.
- ✗ cm^2 nicht in m^2 umgerechnet: $1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$, nicht $10^{-2}\ m^2$.
- ✗ μ, n und p verwechselt oder beim Einsetzen vergessen.
- ✗ Nicht geprüft, ob Q oder U konstant bleibt, bevor man rechnet.
- ✗ Bei $E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ das Quadrat vergessen.

Übungsaufgaben: Kondensator

Neun Aufgaben, drei Anforderungsbereiche · Rechenbeispiele im Video ab 2:27

AFB I wiedergeben · AFB II anwenden · AFB III übertragen und beurteilen. Erst selbst lösen, dann nachsehen.

Aufgabe 1 AFB I

Ein Kondensator mit $C = 470\ \mu F$ wird an $U = 12\ V$ angeschlossen. a) Welche Ladung Q befindet sich auf den Platten? b) Wie viel Energie ist gespeichert?

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

Aufgabe 2 AFB I

Ein Plattenkondensator (A = 250 cm², d = 0,2 mm) ist mit Luft gefüllt ($\varepsilon_r \approx 1$). a) Berechne seine Kapazität C. b) Auf welche Spannung muss er geladen werden, um 50 nC zu speichern?

Aufgabe 3 AFB II

Ein Kondensator (C = 22 µF) speichert 0,1 J. a) An welcher Spannung liegt er? b) Welche Ladung hat er aufgenommen?

Aufgabe 4 AFB II

Ein Plattenkondensator soll C = 1,0 nF haben. A = 50 cm², Dielektrikum mit $\varepsilon_r = 4{,}5$. a) Welchen Abstand d müssen die Platten haben? b) Vergleiche mit dem nötigen Abstand bei Luft.

Aufgabe 5 AFB II

Ein Kondensator wird auf 100 V geladen und speichert 5,0 µC. a) Berechne C. b) Er wird von der Quelle getrennt und parallel an einen gleichen, ungeladenen Kondensator angeschlossen. i) Welche Spannung stellt sich ein? ii) Vergleiche die Gesamtenergie vorher und nachher. Wo ist die fehlende Energie geblieben?

Aufgabe 6 AFB III

Ein Plattenkondensator **bleibt an der Spannungsquelle**. Zwischen die Platten (vorher Luft) wird eine Glasplatte mit $\varepsilon_r = 5$ geschoben. Erkläre, wie sich C, U, Q und E_{el} ändern („verfünffacht sich“, „bleibt gleich“ …).

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

Aufgabe 7 AFB III

Ein Plattenkondensator wird geladen und **von der Quelle getrennt**. Dann wird der Plattenabstand verdoppelt. Erkläre, wie sich Q, C, U und E_{el} ändern. Woher kommt die zusätzliche Energie?

Aufgabe 8 AFB III

Ein Plattenkondensator (A = 100 cm², d = 0,40 mm) ist vollständig mit einem Dielektrikum gefüllt. Gemessen wurde: U in V: 20 · 40 · 60 · 80; Q in nC: 20 · 40 · 60 · 80. Zur Auswahl stehen Dielektrika mit ε_r = 2,5 (A), 4,5 (B) und 10 (C). a) Bestimme C unter Verwendung aller Messwerte. b) Bestimme das verwendete Dielektrikum. c) Erkläre mit dem Begriff „elektrisches Gegenfeld“, warum ein Dielektrikum die Kapazität erhöht.

Aufgabe 9 AFB III

Ein Kapazitätssensor besteht aus zwei Platten (A = 200 cm²). Beim Auflegen einer Masse verkleinert sich der Plattenabstand. a) Begründe, warum die gemessene Kapazität mit der Masse steigt. b) Berechne C für d = 1,0 mm und d = 0,25 mm. c) Das Messgerät hat die Unsicherheit ΔC = ±10 pF. Bestimme jeweils die Unsicherheit von d und beurteile, wo der Sensor genauer misst.

SELBSTCHECK: ICH KANN …

- ☐ $C = Q / U$ und $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A / d$ anwenden und umstellen.
- ☐ Einheiten mit µ, n, p und cm² sicher umrechnen.
- ☐ die gespeicherte Energie mit allen drei Formen berechnen.
- ☐ begründen, ob Q oder U konstant bleibt, und daraus alle Änderungen ableiten.

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

Lösungen

Vollständige Rechenwege

Aufgabe 1: a) $Q = C \cdot U = 470 \cdot 10^{-6}\ F \cdot 12\ V =$ **5,64 mC**. b) $E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = 0{,}5 \cdot 470 \cdot 10^{-6}\ F \cdot (12\ V)^2 \approx$ **33,8 mJ**.

Aufgabe 2: $A = 250\ cm^2 = 0{,}025\ m^2$, $d = 2 \cdot 10^{-4}$ m. a) $C = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}025 / 2 \cdot 10^{-4}\ F \approx$ **1,107 nF**. b) $U = Q / C = 50 \cdot 10^{-9}\ C / 1{,}107 \cdot 10^{-9}\ F \approx$ **45,2 V**.

Aufgabe 3: a) $U = \sqrt{(2E / C)} = \sqrt{(2 \cdot 0{,}1\ J / 22 \cdot 10^{-6}\ F)} \approx$ **95,3 V**. b) $Q = C \cdot U = 22 \cdot 10^{-6}\ F \cdot 95{,}3\ V \approx$ **2,1 mC**.

Aufgabe 4: a) $d = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A / C = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot 4{,}5 \cdot 0{,}005 / 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ m ≈ **0,199 mm**. b) Mit Luft: d ≈ **0,044 mm**. Ohne Dielektrikum müsste der Abstand 4,5-mal kleiner sein.

Aufgabe 5: a) $C = Q / U = 5{,}0 \cdot 10^{-6}\ C / 100\ V =$ **50 nF**. b) i) Die Ladung bleibt erhalten, die Kapazität verdoppelt sich auf 100 nF: $U = 5{,}0\ \mu C / 100\ nF =$ **50 V**. ii) Vorher $\frac{1}{2} \cdot 50\ nF \cdot (100\ V)^2 = 250\ \mu J$, nachher $\frac{1}{2} \cdot 100\ nF \cdot (50\ V)^2 = 125\ \mu J$. Die Hälfte wird beim Umladen in den Leitungswiderständen in **Wärme** umgewandelt (und abgestrahlt).

Aufgabe 6: Quelle bleibt dran, also **U konstant**. $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A / d$: **C verfünffacht sich**. $Q = C \cdot U$: **Q verfünffacht sich**, die Quelle liefert Ladung nach. $E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$: **E verfünffacht sich**.

Aufgabe 7: Quelle getrennt, also **Q konstant**. d verdoppelt: **C halbiert sich**. $U = Q / C$: **U verdoppelt sich**. $E = \frac{1}{2} \cdot Q^2 / C$: **E verdoppelt sich**. Die zusätzliche Energie stammt aus der mechanischen Arbeit, die man beim Auseinanderziehen der sich anziehenden Platten verrichtet.

Aufgabe 8: a) $Q / U = 20\ nC / 20\ V = 40\ nC / 40\ V = \ldots =$ **1,0 nF** (alle Quotienten gleich). b) $C_0 = \varepsilon_0 \cdot A / d = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}010 / 4{,}0 \cdot 10^{-4}\ F \approx 0{,}221$ nF. $\varepsilon_r = C / C_0 = 1{,}0 / 0{,}221 \approx 4{,}5$: Es ist Dielektrikum **B**. c) Das Dielektrikum wird im Feld polarisiert. Die gebundenen Ladungen erzeugen ein elektrisches Gegenfeld, das das äußere Feld abschwächt. Bei gleicher Ladung Q sinken Feldstärke und Spannung U. Wegen $C = Q / U$ steigt die Kapazität.

Aufgabe 9: a) Eine größere Masse drückt die Platten näher zusammen. $C = \varepsilon_0 \cdot A / d$: Kleineres d bedeutet größeres C. b) $C(1{,}0\ mm) = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}020 / 1{,}0 \cdot 10^{-3}\ F \approx$ **177 pF**; $C(0{,}25\ mm) \approx$ **708 pF**. c) $\Delta d = d \cdot \Delta C / C$: bei 1,0 mm 1,0 mm · 10 / 177 ≈ **0,057 mm**; bei 0,25 mm 0,25 mm · 10 / 708 ≈ **0,0035 mm**. Bei kleinem Plattenabstand (großer Kapazität, großer Masse) misst der Sensor deutlich genauer.

Weiter geht es mit dem RC-Kreis: Wie lange dauert das Laden über einen Widerstand? Das zeigt das Video „Kondensator Lade-/Entladevorgang".

Mehr dazu, alle Videos und alle Blätter: mint-lernstudio.de/beitraege/kondensator-grundlagen

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell