

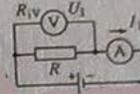
Aufgabe 1: Multiple Choice (mehrere Antworten möglich) & kurze Aufgaben (25 P)

a. In einem räumlichen Gebiet kann das elektrische Potenzial einer gegebenen Ladungsverteilung durch $V = 3x^2 + 2y + 6$ in Volt dargestellt werden. Welches elektrische Feld gehört dazu?

- (a) $E_x = -6x, E_y = -2, E_z = 0$; (b) $E_x = 6x, E_y = 2, E_z = 0$;
 (c) $E_x = -6x, E_y = -2, E_z = 6$; (d) $E_x = -3x, E_y = -2, E_z = 0$

Die folgende Schaltung misst (a) den Strom in R richtig;

b. misst die Spannung über R richtig!



Kurze Begründung!!

c. Ein 300W-Bügeleisen hat einen Umschalter für den Betrieb mit 220V und 110V. Für dieselbe Heizleistung, muss beim Umschalten von 220V auf 110V der Widerstand der Heizspule dazu. ... viermal b) doppelt c) $\sqrt{2}$ -mal d) genau e) halb f) ein viertel ... so groß werden.

d. Ein Plattenkondensator mit Abstand d speichert die Ladung Q . Ladung kann weder zu- noch abfließen. Sie vergrößern den Abstand d . Was ist richtig?

- a) Die Spannung U an den Platten wird kleiner b) Das elektrische Feld E wird kleiner c) U nimmt zu d) E nimmt zu e) U bleibt gleich f) Energie nimmt zu

e. Das Magnetfeld im Zentrum einer Spule der Länge $l = 20\text{cm}$, Radius $R = 5\text{mm}$ und der Windungszahl $N = 2000$ mit dem Strom von $I = 10\text{A}$ ist

- (a) 1,25 mT; (b) 0,125 T; (c) 8,85 nT; (d) 8,85mT; (e) 0,5T; (f) 5T; (g) 31nT; (h) 31mT; (i) 1,2T

f. Wechselstromkreis $U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ mit C,L,R. Welche Aussagen sind richtig? (a) Eine Kapazität blockiert hohe Frequenzen; (b) Eine Kapazität blockiert Gleichstrom; (c) Eine Spule blockiert niedrige Frequenzen; (d) die Effektivspannung ist $U_{eff} = \frac{U_0}{2}$; (e) Die Impedanz eines Widerstands ist R ; (f) Die Impedanz eines Kondensator ist $X_C = \omega C$; (g) Bei einer Kapazität eilt die Spannung $U(t)$ dem Strom $I(t)$ voraus (h) Bei einer Kapazität eilt der Strom $I(t)$ der Spannung $U(t)$ voraus; (i) Bei einer Reihenschaltung ist der Strom in jedem Element gleich; (j) Bei einer Reihenschaltung ist die Spannung in jedem Element gleich; (k) $Q(t) = C \cdot U(t)$ gilt

g. Elektromagnetische Wellen im Vakuum

Die Vektoren \vec{E} und \vec{B} einer elektromagnetischen Welle stehen zueinander und der Ausbreitungsrichtung \vec{k} der Welle: (a) \vec{E} und \vec{B} parallel, senkrecht auf \vec{k} ;

(b) \vec{E} senkrecht auf \vec{B} und senkrecht auf \vec{k} ; (c) \vec{E} und \vec{B} antiparallel, senkrecht zu \vec{k} ; (d) \vec{E} senkrecht auf \vec{B} und parallel zu \vec{k} ; (e) es gilt $\vec{B} \cdot \vec{E} = 0$; (f) $\vec{B} \times \vec{E} = 0$;

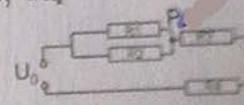
(g) $\vec{B} \cdot \vec{E} = \epsilon_0$; (h) $c = \mu_0 \epsilon_0$; (i): $c = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$; (j) $\Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

Der Poynting- (Intensitätsvektor) \vec{S} lautet (k) $\frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$ (l) $\frac{\vec{E} \cdot \vec{B}}{\mu_0}$ (m) $\frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\epsilon_0}$ (n) $\frac{\vec{E} \cdot \vec{B}}{\epsilon_0}$

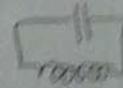
h. Widerstandsnetzwerk $U_0 = 120\text{V}$; $R_1 = 20\Omega$; $R_2 = 60\Omega$; $R_3 = 15\Omega$; $R_4 = 30\Omega$

(i) Wie groß ist der Gesamtwiderstand der gezeigten Schaltung?

(ii) Welche Leistung wird in R_1 umgesetzt?



Aufgabe 2: L , C und dann kommt R zum Kreis dazu (25 P)



Sie haben einen Schaltkreis mit einer Spule mit der Induktivität $L=1\text{H}$ und einem Kondensator mit der Kapazität $C=1\text{F}$. Zum Zeitpunkt $t=0$ fließt kein Strom im Kreis und es liegen $U_0 = 10\text{V}$ am Kondensator an. (Fehlende Einheiten führen zu Punktabzug.)

- Geben Sie die Ladung und Energie des Kondensators zur Zeit $t=0$ an.
- Geben Sie die Energie in der Spule zur Zeit $t=0$ an.
- Leiten** Sie das Strom-Zeit-Verhalten $I(t)$ mit $I_0 = I_{\max}$ aus der Maschenregel her. Welcher Strom fließt zum Zeitpunkt $t=10\text{s}$ in der Spule?
- Wie lautet das Spannungs-Zeit-Verhalten $U(t)$? Nutzen Sie Ihr Wissen über $I(t)$.
- Verhältnis I_0 zu U_0 : geben Sie die Konstante x in der Gleichung $U_0 = xI_0$ an.
- Mit welcher Frequenz schwingt die Leistung? Wird die Leistung zeitweise 0W ?
- Wie ändert sich die DGL, wenn ein Widerstand in Serie geschaltet wird (DGL angeben). Wie sieht nun qualitativ das Stromverhalten gegen die Zeit aufgetragen aus? Zeichnen Sie ein Schaubild $I(t)$.

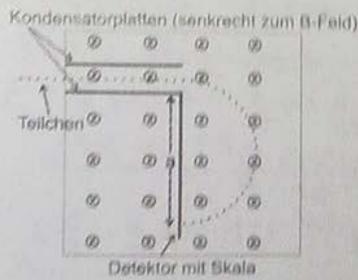
Aufgabe 3: Drähte: statisch geladen oder stromdurchflossen! (25 P)

Betrachten Sie **lange** Drähte mit Länge l und Radius R

Achtung: Aufgabenteile (a), (b), (c) können unabhängig voneinander gelöst werden!!!

- Berechnen Sie das **E-Feld** und das **elektrische Potential** (ϕ) eines statisch homogen geladenen nichtmetallischen Drahtes (Ladungsdichte ρ ; $\epsilon_r = 1$) in Abhängigkeit von r ! ($0 \leq r \leq \infty$ und nutzen Sie die Potentialwahl $\phi(R) = 0$). Die Richtung (vektoriell) des E-Feldes soll in der Lösung ersichtlich sein.
- Nach Anlegen einer Spannung U_0 an einen Cu-Draht wird im Abstand von $R_1 = 2\text{cm}$ zum Mittelpunkt ein Magnetfeld von $B_0 = 2 \cdot 10^{-7}\text{T}$ gemessen, wie groß ist der **Strom** im Leiter? $l = 100\text{m}$, $d = 1\text{cm}$ (Nutzen Sie die Gesetze von Maxwell oder Biot-Savard, um das B-Feld auszurechnen.)
- Welche **Spannung** wurde an den Enden angelegt, um den Strom $I = 1\text{A}$ zu erhalten? (Elektrische Leitfähigkeit $\sigma_{el} = 60 \cdot 10^6 \frac{1}{\Omega\text{m}}$)

Aufgabe 4: Ladung im Magnet und E-Feld: (25 P)



Ein Teilchen ist mit doppelter Elementarladung geladen und bewegt sich in der folgenden Bahn (gestrichelte Bahn von links nach rechts - siehe Abbildung - im Plattenkondensator fliegt es genau in der Mitte).

Die Platten des Plattenkondensators sind 3 mm voneinander entfernt und eine Spannung von 900 V liegt an. Das B -Feld hat die Stärke von 0,5 T. Das Teilchen wird an Position $a = 23,85$ cm nachgewiesen. Rechnen Sie klassisch, nicht relativistisch.

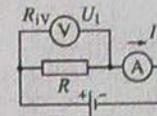
- Was bewirkt die erste Anordnung, in der das geladene Teilchen durch den Plattenkondensator mit rechtwinklig überlagertem B -Feld fliegt und wie wird sie genannt?
- Welche Geschwindigkeit besitzt das Teilchen?
- Welche Masse besitzt das Teilchen?
- Welche kinetische Energie hat das Teilchen, bevor es in den Kondensator fliegt?
Welche kinetische Energie besitzt es am Ende, wenn es auf den Detektor trifft?
- Welche Kraft wirkt auf ein geladenes Teilchen mit Masse m , welches mit halber Lichtgeschwindigkeit parallel zu einem B -Feld der Stärke 6 T fliegt?

- a. **2P** In einem räumlichen Gebiet kann das elektrische Potenzial einer gegebenen Ladungsverteilung durch $V = 3x^2 + 2y + 6$ in Volt dargestellt werden. Welches elektrische Feld gehört dazu?

- (a) $E_x = -6x, E_y = -2, E_z = 0$; (b) $E_x = 6x, E_y = 2, E_z = 0$;
 (c) $E_x = -6x, E_y = -2, E_z = 6$; (d) $E_x = -3x, E_y = -2, E_z = 0$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\Phi(x, y, z) \quad (1)$$

- b. **3P** Die folgende Schaltung misst (a) den Strom richtig;
 (b) misst die Spannung richtig! **Kurze Begründung!!**



Lösung: Spannungsrichtig:

In Schaltung (a) fließt durch die Parallelschaltung aus den Widerständen R und R_{iV} an denen die Spannung U_1 abfällt, der Strom:

Reicht als Begründung: **Fehler: es wird der Strom durch den Widerstand, als auch der Strom durch das Voltmeter gemessen!**

$$U = U_{mess}; \quad I_{mess} = I_R + I_{iV} = \frac{U}{R} + \frac{U}{R_{iV}} \Rightarrow R_{mess} = \frac{U}{\frac{U}{R} + \frac{U}{R_{iV}}} = \frac{R \cdot R_{iV}}{R + R_{iV}} = 0.5k\Omega \quad (2)$$

Hier:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R - \frac{R \cdot R_{iV}}{R + R_{iV}}}{R} = \frac{1 - 0,5}{1} = 0.5 = 50\% \quad (3)$$

- c. **2P** Ein 300W-Bügeleisen hat einen Umschalter für den Betrieb mit 220V und 110V. Damit es immer dieselbe Heizleistung erbringt, muss beim Umschalten von 220V auf 110V der Widerstand der Heizspule dazu. .

- a) viermal b) doppelt c) $\sqrt{2}$ -mal d) genau e) halb **f) ein viertel** . . . so groß werden.
 $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$ U halbiert \rightarrow R vierteln

- d. **2P** Ein Plattenkondensator mit Abstand d speichert die Ladung Q . Ladung kann weder zu- noch abfließen. Vergrößere Abstand d . Was ist richtig?

- a) Die Spannung U an den Platten wird kleiner b) Das elektrische Feld E wird kleiner
c) U nimmt zu d) E nimmt zu e) U bleibt gleich **f) Energie nimmt zu**

$$Q = const; d \uparrow$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}; Q = CU; E = \frac{U}{d}; W = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

$$d \uparrow \Rightarrow C \downarrow \Rightarrow U \uparrow; (d \uparrow \wedge U \uparrow) \Rightarrow E \text{ bleibt gleich: (c);}$$

$$C \downarrow \wedge W = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} \Rightarrow W \uparrow$$

- e. **1P** Das Magnetfeld im Zentrum einer Spule der Länge $l = 20cm$ radius $R = 5mm$ und der Windungszahl $N = 2000$ mit dem Strom von $I = 10A$ ist

- (a) 1,25 mT**; (b) 0,125 T; (c) 8.85 nT; (d) 8.85mT; (e) 0.5T; (f) 5T; (g) 31nT; (h) 31mT

f. 5P Wechselstromkreis $U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ mit C,L,R. Welche Aussagen sind richtig?

- (a) Eine Kapazität blockiert hohe Frequenzen;
(b) Eine Kapazität blockiert Gleichstrom;
 (c) Eine Spule blockiert niedrige Frequenzen;
 (d) die Effektivspannung ist $U_{eff} = \frac{U_0}{2}$;
(e) die Impedanz eines Widerstand ist R;
 (f) die Impedanz eines Kondensator ist $X_C = \omega C$;
 (g) Bei einer Kapazität eilt die Spannung $U(t)$ dem Strom $I(t)$ voraus
(h) Bei einer Kapazität eilt der Strom $I(t)$ der Spannung $U(t)$ voraus;
(i) bei einer Reihenschaltung ist der Strom in jedem Element gleich;
 (j) bei einer Reihenschaltung ist die Spannung in jedem Element gleich;
(k) $Q(t) = C \cdot U(t)$ gilt

Je nach Definiton koennt man g und h auch andersrum sehen. Die Korrektur erlaubt daher 'g Nein - h JA' ODER 'g Ja - h NEIN'

g. 4P Elektromagnetische Wellen

Die Vektoren \vec{E} und \vec{B} einer elektromagnetischen Welle stehen zueinander und der Ausbreitungsrichtung \vec{k} der Welle: (a) E und B parallel, senkrecht auf k; (b) E senkrecht auf B und senkrecht auf k; (c) E und B antiparallel, senkrecht zu k; (d) E senkrecht auf B und parallel zu k; (e) es gilt $\vec{B} \cdot \vec{E} = 0$; (f) $\vec{B} \times \vec{E} = 0$; (g) $\vec{B} \cdot \vec{E} = \epsilon_0$; (h) $c = \mu_0 \epsilon_0$; (i); $c = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$;

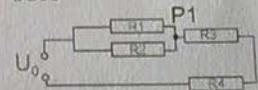
(j) $\Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

Der Pointing- (Intensitätsvektor) \vec{S} lautet **(k)** $\frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$ (l) $\frac{\vec{E} \cdot \vec{B}}{\mu_0}$ (m) $\frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\epsilon_0}$ (n) $\frac{\vec{E} \cdot \vec{B}}{\epsilon_0}$

h. 6P Widerstandsnetzwerk $U_0 = 120V$; $R_1 = 20\Omega$; $R_2 = 60\Omega$; $R_3 = 15\Omega$; $R_4 = 30\Omega$

(i) 2P Wie groß ist der Gesamtwiderstand der gezeigten Schaltung?

(ii) 4P Welche Leistung wird in R_1 umgesetzt?



(i) $R_{ges} = R_3 + R_4 + R_1 \parallel R_2 = R_3 + R_4 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = (30 + 15 + 15)\Omega = 60\Omega$

(ii) $P = U \cdot I$; $U = R \cdot I \Rightarrow I_{ges} = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{120V}{60\Omega} = 2A$

Reihenschaltung - Strom gleich - Spannung teilt sich auf.

Parallelschaltung: Spannung gleich - Strom teilt sich auf.

- Spannung (Reihe)

Spannung $U(R_1 \parallel R_2) = U(R_3) = \frac{U(R_4)}{2} = 15\Omega \cdot 2A = 30V$

Oder Spannungen teilen sich auf:

$R_1 \parallel R_2$; R_3 ; R_4 wie $\frac{U_0}{4}$; $\frac{U_0}{4}$; $\frac{U_0}{2} \Rightarrow U(R_1 \parallel R_2) = U(R_3) = \frac{3}{4} \cdot I_{ges} = \frac{3}{4} \cdot 2A = 30V$

- Strom (Parallel)

$R_2 = 3 \cdot R_1 \Rightarrow$ Durch R_1 fließt 3mal soviel Strom wie durch R_2 , d.h. $\frac{3}{4} \cdot I_{ges}$, daher

$I(R_1) = 1,5A$

Oder $I = \frac{U(R_1)}{R_1} = \frac{30V}{20\Omega} = 1,5A$

Leistung: $\Rightarrow P(R_1) = I(R_1) \cdot U(R_1) = 1,5A \cdot 30V = 45W$

Lösung 2 - Schwingung:

a. Ladung und Energie:

$$Q = C \cdot U_0 = 1F \cdot 10V = 10C \text{ 1P}; E = \frac{1}{2}C \cdot U_0^2 = 50J \text{ 1P}$$

b. $E = \frac{1}{2}L \cdot I(0)^2 = 0$

c. Schwingung

$$L\dot{I} + \frac{Q}{C} = 0 \rightarrow \ddot{I} + \frac{I}{LC} = 0 \quad (4)$$

Ansatz: $I(t) = I_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)$; 1P

$$-I_0\omega^2 \sin(\omega \cdot t + \varphi) + \frac{I_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)}{LC} = 0 \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5)$$

$$I(t) = I_0 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t\right) = \sqrt{\frac{C}{L}} U_0 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t\right) = 10A \sin\left(\frac{1}{s} \cdot t\right) \rightarrow I(10s) = -5.44A \quad (6)$$

d. Spannung:

$$U = L\dot{I} \rightarrow U(t) = L \cdot I_0 \cdot \omega \cos(\omega t) = U_0 \cos(\omega t) = \sqrt{\frac{L}{C}} I_0 \cos(\omega t) \quad (7)$$

oder

$$U(t) = \frac{1}{C} \int I(t) dt = -\frac{1}{C} \frac{1}{\omega} I_0 \cos(\omega \cdot t) = -\sqrt{\frac{L}{C}} I_0 \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t\right) = U_0 \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t\right) \quad (8)$$

e.

$$E = \frac{1}{2}C \cdot U_0^2 = E = \frac{1}{2}L \cdot I_0^2 \rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{C}{L}} U_0 \quad (9)$$

$U_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} I_0$; wurde wahrscheinlich schon in der dritten oder vierten Teilaufgabe gegeben

f. Leistung

$$P = U(t) \cdot I(t) = I_0 \cdot U_0 \sin(\omega t) \cos(\omega t) = I_0 \cdot U_0 \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \quad (10)$$

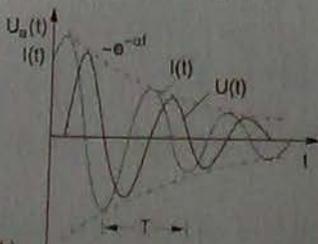
Frequenz $2\omega = \frac{2}{\sqrt{LC}}$. Ja, Leistung ist null bei z.B. $t=0$ (allgemein $t = n \cdot 2\pi$)

Anmerkung (nicht explizit gefragt), das bedeutet, dass die Energie mit $\frac{1}{2\sqrt{LC}}$ zwischen Kondensator und Spule hin- und herschwingt.

g. mit Dämpfung

$$L\dot{I} + RI + \frac{Q}{C} = 0 \rightarrow \ddot{I} + R\dot{I} + \frac{I}{LC} = 0 \quad (11)$$

Schwingungsgleichung mit Dämpfung - Schaubild klar. Sinus innerhalb abfallender Exponentialfunktion (Qualitativ). Egal ob $I(t)$ oder $U(t)$ gezeichnet wird.



Lösung 3: Drähte: statisch geladen oder stromdurchflossen! (25 P)
 Betrachten Sie lange Drähte mit Länge l und Radius R

a. Berechnen Sie das **E-Feld** und das **elektrische Potential** (ϕ) eines statisch geladenen Drahtes (Ladungsdichte ρ) in Abhängigkeit von R ! ($0 \leq R \leq \infty$ und nutzen Sie die Potentialwahl $\phi(R) = 0$) **Lösung:**

Wieder ist aus Symmetriegründen die Feldstärke \vec{E} in einem Punkt P im Abstand r von der Stabachse radial nach aussen gerichtet. Für den elektrischen Fluss durch eine zum Stab koaxiale Zylinderoberfläche mit Radius r und Länge L erhalten wir

- Für $r \leq R$:

$$\Phi_{el} = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int \int \int \vec{E} dr d\phi dl \stackrel{\text{integriert}}{=} E \cdot 2\pi r \cdot L \stackrel{\text{Gauss}}{=} \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{\rho \pi r^2 L}{\epsilon_0} \Rightarrow \quad (12)$$

Volumen Zylinder: $\pi r^2 L$; $\rho_{el} = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\pi r^2 L}$
 (Flächenelement = Zylindermantel am Radius(R) = $2\pi r L$)

$$\vec{E} = \frac{\rho r}{2\epsilon_0} \hat{r} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} r \hat{r}; \quad E \sim r \quad (13)$$

$$\phi(r) = \int_r^R E dr = \int_r^R \frac{\rho r}{2\epsilon_0} dr = \frac{\rho}{4\epsilon_0} (R^2 - r^2) \quad (14)$$

- Für $r \geq R$ (keine Ladungsabhängigkeit gegen $r \Rightarrow Q$ reicht:

$$\Phi_{el} = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot 2\pi r \cdot L = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow \vec{E} = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r} \hat{r} = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r} \hat{r} = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0} \frac{1}{r} \hat{r}; \quad E \sim \frac{1}{r} \quad (15)$$

Mit der Randbedingung $\phi(R) = 0$

$$\phi(r) = \int_r^R E \cdot dr = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0} \int_r^R \frac{1}{r} \cdot dr = -\frac{\rho R^2}{2\epsilon_0} \ln \frac{r}{R} \quad (16)$$

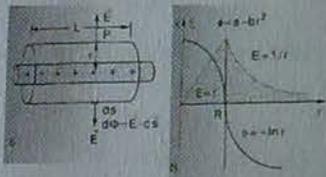


Schaubild zur Anschauung - nicht gefragt!

b. Im Abstand von $R_i = 2\text{cm}$ wird ein Magnetfeld von $2 \cdot 10^{-7}\text{T}$ gemessen, wie groß ist der **Strom** im Leiter? **Lösung:** Magnetfeld um einen Leiter: (geht auch via Biot-Savart)

$$\oint_{\partial F} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int \int_F \vec{J} \cdot d\vec{F}; \quad \vec{D} = 0 \quad (17)$$

Flächenstromdichte über die Fläche integriert ergibt den Gesamtstrom I

Magnetfeld Linienintegral geht *um* den Leiter ((Kreis) radialsymmetrisch, d.h. nur von r abhängig)

$$\int_0^{2\pi} r \cdot H \cdot d\varphi = 2\pi \cdot r \cdot H = I \quad (18)$$

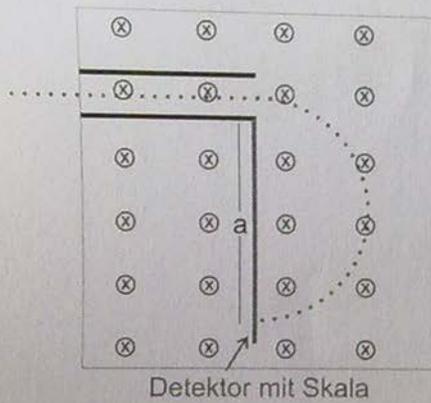
Magnetfeld um Leiter ($\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$); Strom im Leiter mit $[T] = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r}; \quad B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r} \Rightarrow I = \frac{B_0 2\pi R_i}{\mu_0} = \frac{4\pi 10^{-7} 0.02 \text{mAmVs}}{4\pi 10^{-7} \text{Vs m}^2} = 0.02\text{A} = 20\text{mA} \quad (19)$$

c. Welche **Spannung** wurde an den Enden angelegt, um diesen Strom aus (b) zu erhalten?

$$U = R \cdot I; \quad R = \rho \frac{l}{A} = \frac{1}{\sigma_{el}} \frac{l}{\pi r^2} \Rightarrow U = \frac{1}{\sigma_{el}} \frac{l}{\pi r^2} I = \frac{100\text{m}1\text{A}\Omega\text{m}}{60 \cdot 10^6 \pi 0.000025\text{m}^2} = \frac{1}{15 \cdot \pi} \text{V} \quad (20)$$

Aufgabe 4 Lösung - Ladung im B- und E-Feld



a. - Nur ein Teilchen mit bestimmter Geschwindigkeit fliegt geradlinig durch die Anordnung - **Geschwindigkeitsfilter**. Wienfilter ist auch OK.

b. Geradlinige Bewegung \Leftrightarrow keine Kraft \Leftrightarrow

magnetische (Lorentz-) Kraft gleich Elektrische Kraft: $F_L = F_e$

$$E \cdot q = q \cdot v \times B = q \cdot v \cdot B \quad (\text{rechtwinklig})$$

$$\Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

$$E = \frac{U}{d} = 3 \cdot 10^5 \frac{V}{m}$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{300000 V/m}{0,5 T} = 600000 \frac{V}{mT} = 600000 \frac{m}{s} = 6 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$$

c. - Kreisbahn: Lorentzkraft = Zentripetalkraft: $F_L = F_Z$

B senkrecht zur Geschwindigkeit: $q \cdot v \cdot B = m\omega^2 \cdot r = m \frac{v^2}{r}$

$$\text{Radius der Bahn: } r = \frac{23,85 cm + 1,5 mm}{2} = 0,12 m$$

$$\Rightarrow m = \frac{q r B}{v} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 0,5 T \cdot 0,12 m}{600000 m/s} \approx 3,2 \cdot 10^{-26} \frac{CTm}{m/s} = 3,2 \cdot 10^{-26} kg$$

$$\text{Einheiten: } [T = \frac{Vs}{m^2} = \frac{N}{Am} = \frac{kg}{As^2}]; [C = As]$$

- **Geschwindigkeit am Anfang und am Ende dieselbe**, da sich der Betrag der Geschwindigkeit nicht ändert.

$$W_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = 0,5 \cdot 600000^2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-26} \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = 5,76 \cdot 10^{-15} J \text{ fuer } W_{kin}\text{-Formel; fuer Ergebnis}$$

- **Keine** ($F = \text{NULL}$), da die Kraft $v \times B$ definiert ist und ein Kreuzprodukt im parallelen Fall Null ergibt.