

Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung																																	
Modulname	Grundgebiete der Elektrotechnik I																																
Datum	25.02.2020																																
Prüfpersonen																																	
1. Prüfperson	Prof. Dr. Martina Gerken																																
ggf. 2. Prüfperson																																	
Kandidat/in																																	
Matrikelnummer																																	
Name, Vorname																																	
Vorleistung <u>vor</u> WS 19/20 berücksichtigt? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein																																	
Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung																																	
<p>Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.</p> <p>Ich nehme zur Kenntnis, dass der Termin für die Klausureinsicht vom Prüfungsamt ET&IT bekannt gegeben wird, sobald mein vorläufiges Prüfungsergebnis im QIS-Portal veröffentlicht wurde. Nach dem Einsichtnahmetermin kann ich meine endgültige Note im QIS-Portal abfragen. Bis zum Ende der Widerspruchsfrist des zweiten Prüfungszeitraums der CAU kann ich beim Prüfungsausschuss Widerspruch gegen dieses Prüfungsverfahren einlegen. Danach wird meine Note rechtskräftig.</p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">Unterschrift: _____</p>																																	
Korrektur																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">Aufgabe</td> <td style="width: 8.3%;">1</td> <td style="width: 8.3%;">2</td> <td style="width: 8.3%;">3</td> <td style="width: 8.3%;">4</td> <td style="width: 8.3%;">5</td> <td style="width: 8.3%;">6</td> <td style="width: 8.3%;">Σ</td> </tr> <tr> <td>Punkte</td> <td>10</td> <td>23</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>17</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>erreicht</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Übungen (Gewicht 25%)</td> <td style="width: 25%;">Klausur (Gewicht 75%)</td> <td style="width: 25%;">Gesamt %</td> <td style="width: 25%;">Modulnote</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ	Punkte	10	23	12	18	20	17	100	erreicht								Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote				
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ																										
Punkte	10	23	12	18	20	17	100																										
erreicht																																	
Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote																														
Einsicht / Rückgabe																																	
<p>Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.</p> <p>Kiel, den _____ Unterschrift: _____</p>																																	

Aufgabe 1: Konzepte (10 Punkte)

Erläutern Sie die folgenden Begriffe der Elektrotechnik in ganzen Sätzen. In der Erläuterung dürfen keine Formeln oder Formelzeichen auftauchen!

(a) Elektrische Feldstärke

(b) Elektronenpolarisation

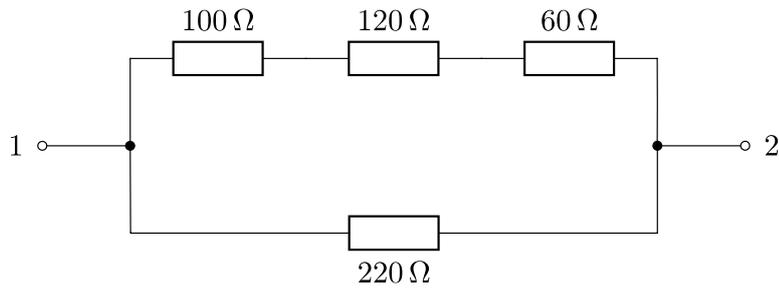
(c) Passiver Zweipol

(d) Kennlinienfeld

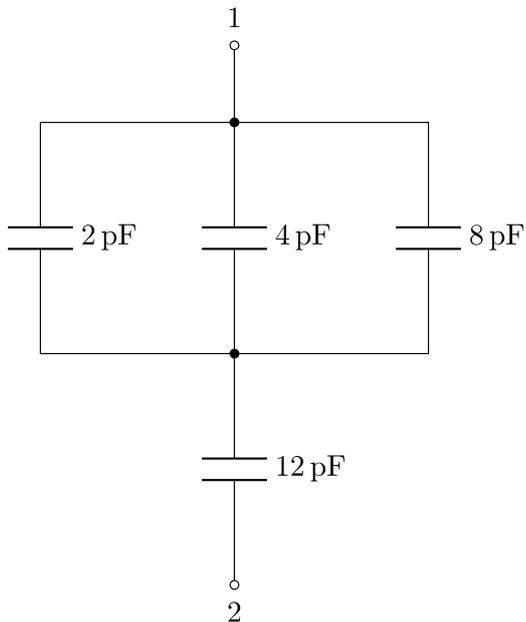
(e) Zweiggleichung

Aufgabe 2: Ersatzzweipole (23 Punkte)

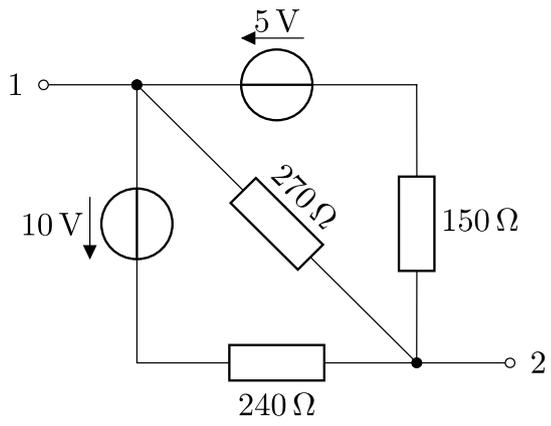
(a) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.



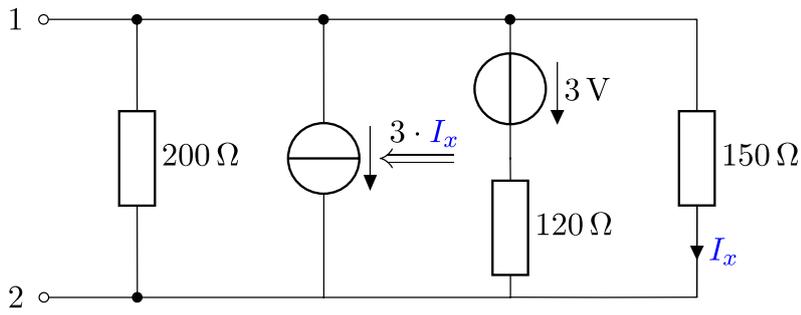
(b) Berechnen Sie die Ersatzkapazität für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.



(c) Berechnen und zeichnen Sie die Ersatzspannungsquelle und die Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.

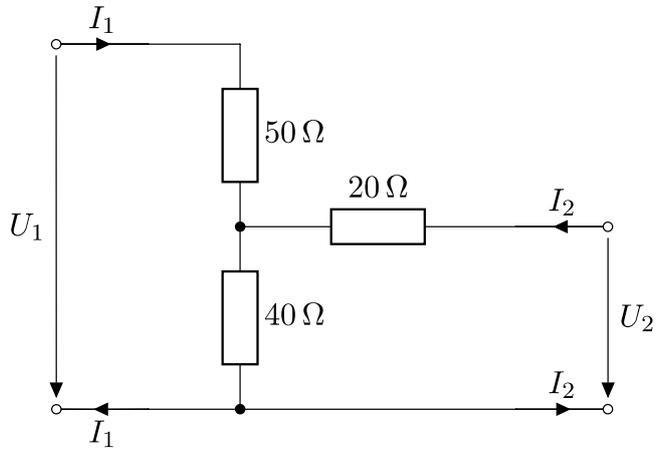


(d) Berechnen und zeichnen Sie die Ersatzspannungsquelle und die Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.

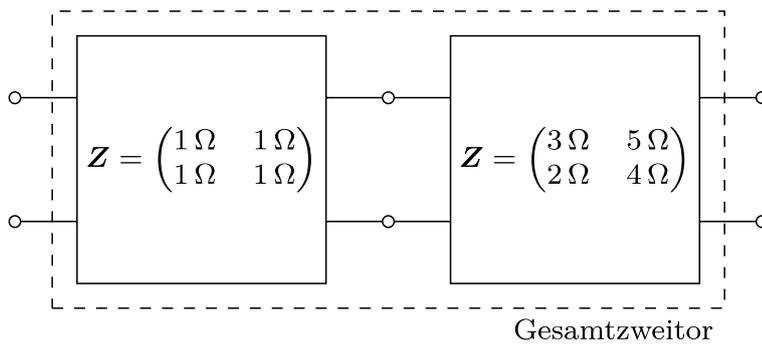


Aufgabe 3: Zweitore (12 Punkte)

(a) Berechnen Sie die Widerstandsmatrix \mathbf{Z} für das folgende Zweitor. Eine Tabelle zur Umwandlung von Zweitorparametern ist auf der nächsten Seite gegeben.



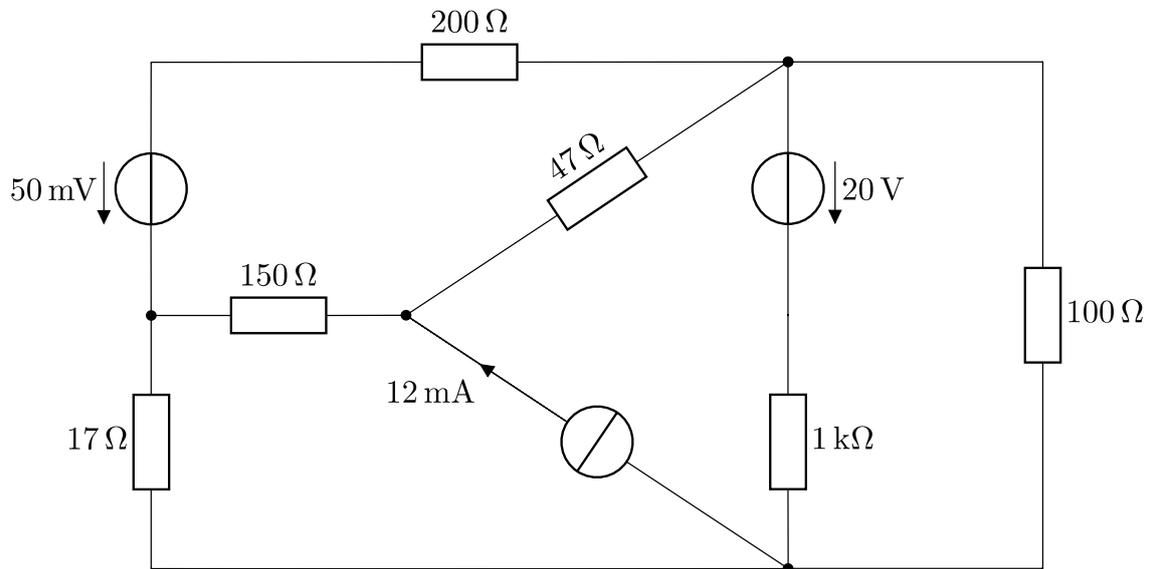
(b) Berechnen Sie die Kettenmatrix \mathbf{A}_{ges} für das Gesamtzweitor, das aus der Kettenschaltung der gegebenen Zweitore besteht. Geben Sie den Rechenweg an.



	Z		Y		A		H		K	
Z	Z_{11}	Z_{12}	$\frac{Y_{22}}{\det \mathbf{Y}}$	$-\frac{Y_{12}}{\det \mathbf{Y}}$	$\frac{A_{11}}{A_{21}}$	$\frac{\det \mathbf{A}}{A_{21}}$	$\frac{\det \mathbf{H}}{H_{22}}$	$\frac{H_{12}}{H_{22}}$	$\frac{1}{K_{11}}$	$-\frac{K_{12}}{K_{11}}$
	Z_{21}	Z_{22}	$-\frac{Y_{21}}{\det \mathbf{Y}}$	$\frac{Y_{11}}{\det \mathbf{Y}}$	$\frac{1}{A_{21}}$	$\frac{A_{22}}{A_{21}}$	$-\frac{H_{21}}{H_{22}}$	$\frac{1}{H_{22}}$	$\frac{K_{21}}{K_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{K}}{K_{11}}$
Y	$\frac{Z_{22}}{\det \mathbf{Z}}$	$-\frac{Z_{12}}{\det \mathbf{Z}}$	Y_{11}	Y_{12}	$\frac{A_{22}}{A_{12}}$	$-\frac{\det \mathbf{A}}{A_{12}}$	$\frac{1}{H_{11}}$	$-\frac{H_{12}}{H_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{K}}{K_{22}}$	$\frac{K_{12}}{K_{22}}$
	$-\frac{Z_{21}}{\det \mathbf{Z}}$	$\frac{Z_{11}}{\det \mathbf{Z}}$	Y_{21}	Y_{22}	$-\frac{1}{A_{12}}$	$\frac{A_{11}}{A_{12}}$	$\frac{H_{21}}{H_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{H}}{H_{11}}$	$-\frac{K_{21}}{K_{22}}$	$\frac{1}{K_{22}}$
A	$\frac{Z_{11}}{Z_{21}}$	$\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{21}}$	$-\frac{Y_{22}}{Y_{21}}$	$-\frac{1}{Y_{21}}$	A_{11}	A_{12}	$-\frac{\det \mathbf{H}}{H_{21}}$	$-\frac{H_{11}}{H_{21}}$	$\frac{1}{K_{21}}$	$\frac{K_{22}}{K_{21}}$
	$\frac{1}{Z_{21}}$	$\frac{Z_{22}}{Z_{21}}$	$-\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{21}}$	$-\frac{Y_{11}}{Y_{21}}$	A_{21}	A_{22}	$-\frac{H_{22}}{H_{21}}$	$-\frac{1}{H_{21}}$	$\frac{K_{11}}{K_{21}}$	$\frac{\det \mathbf{K}}{K_{21}}$
H	$\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{22}}$	$\frac{Z_{12}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Y_{11}}$	$-\frac{Y_{12}}{Y_{11}}$	$\frac{A_{12}}{A_{22}}$	$\frac{\det \mathbf{A}}{A_{22}}$	H_{11}	H_{12}	$\frac{K_{22}}{\det \mathbf{K}}$	$-\frac{K_{12}}{\det \mathbf{K}}$
	$-\frac{Z_{21}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Z_{22}}$	$\frac{Y_{21}}{Y_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{11}}$	$-\frac{1}{A_{22}}$	$\frac{A_{21}}{A_{22}}$	H_{21}	H_{22}	$-\frac{K_{21}}{\det \mathbf{K}}$	$\frac{K_{11}}{\det \mathbf{K}}$
K	$\frac{1}{Z_{11}}$	$-\frac{Z_{12}}{Z_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{22}}$	$\frac{Y_{12}}{Y_{22}}$	$\frac{A_{21}}{A_{11}}$	$-\frac{\det \mathbf{A}}{A_{11}}$	$\frac{H_{22}}{\det \mathbf{H}}$	$-\frac{H_{12}}{\det \mathbf{H}}$	K_{11}	K_{12}
	$\frac{Z_{21}}{Z_{11}}$	$\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{11}}$	$-\frac{Y_{21}}{Y_{22}}$	$\frac{1}{Y_{22}}$	$\frac{1}{A_{11}}$	$\frac{A_{12}}{A_{11}}$	$-\frac{H_{21}}{\det \mathbf{H}}$	$\frac{H_{11}}{\det \mathbf{H}}$	K_{21}	K_{22}

Aufgabe 4: Netzwerkanalyse (18 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung, die in den folgenden Aufgabenteilen systematisch analysiert werden soll. Verwenden Sie in der ganzen Aufgabe eine sinnvolle und einheitliche Notation! Die von Ihnen aufgestellten Gleichungen müssen am Ende in sich konsistent und dazu geeignet sein, das Netzwerk eindeutig zu lösen.



(a) Nummerieren und beschriften Sie Knoten und Zweige. Kennzeichnen und beschriften Sie zusätzlich die Zweigströme und Zweigspannungen in der Schaltung. Stellen Sie die linear unabhängigen Zweiggleichungen auf.

(b) Stellen Sie ein System linear unabhängiger Knotengleichungen auf.

(c) Zeichnen Sie den Graphen der Schaltung inklusive Ihrer Zweignummerierung und der Pfeile für den Bezugssinn. Markieren Sie einen vollständigen Baum in dem Graphen. Zeichnen Sie die sich für Ihren Baum ergebenden linear unabhängigen Maschen in den Graphen ein und stellen Sie die dazugehörigen linear unabhängigen Maschengleichungen auf.

(d) Geben Sie jeweils die Anzahl für Ihr resultierendes Gleichungssystem an.

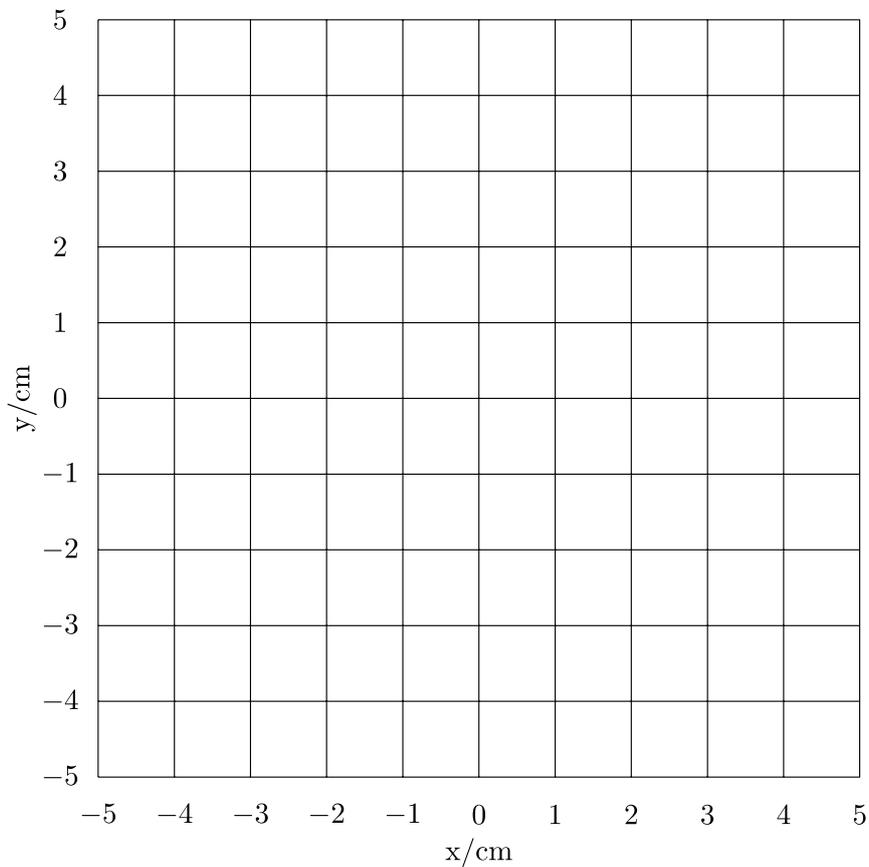
- Anzahl an unbekanntem Zweigströmen und Zweigspannungen:
- Anzahl an linear unabhängigen Zweigggleichungen aus (a):
- Anzahl an linear unabhängigen Knotengleichungen aus (b):
- Anzahl an linear unabhängigen Maschengleichungen aus (c):

Aufgabe 5: Stromfluss in einem Potentialfeld (20 Punkte)

(a) Gegeben sei ein elektrisches Potentialfeld in einem leitfähigen Medium, das über die folgende Abhängigkeit beschrieben ist:

$$\varphi_e(x, y, z) = 4 \text{ V} + x \frac{\text{V}}{\text{cm}} + 2y \frac{\text{V}}{\text{cm}}$$

Berechnen Sie die Äquipotentiallinien in der x - y -Ebene für $z = 0$ für $\varphi_e = -5 \text{ V}$, $\varphi_e = 0 \text{ V}$, $\varphi_e = 5 \text{ V}$ und $\varphi_e = 10 \text{ V}$. Zeichnen Sie diese Äquipotentiallinien in die Graphik unten ein.



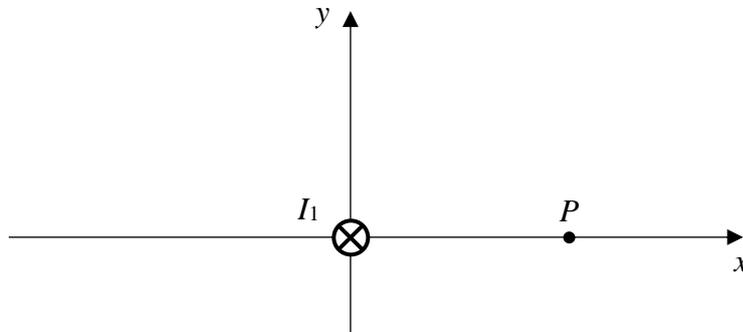
(b) Berechnen Sie den elektrischen Feldvektor $\vec{E}(x, y, z)$ für das Potential aus (a). Zeichnen Sie fünf Feldlinien in die Graphik in (a) ein.

(c) Das leitfähige Medium habe eine spezifische Leitfähigkeit $\kappa(x, y, z) = 5x \frac{\text{S}}{\text{m}^2} + y \frac{\text{S}}{\text{m}^2}$. Berechnen Sie den Stromdichtevektor als eine Funktion von x , y , und z für den gesamten Raum.

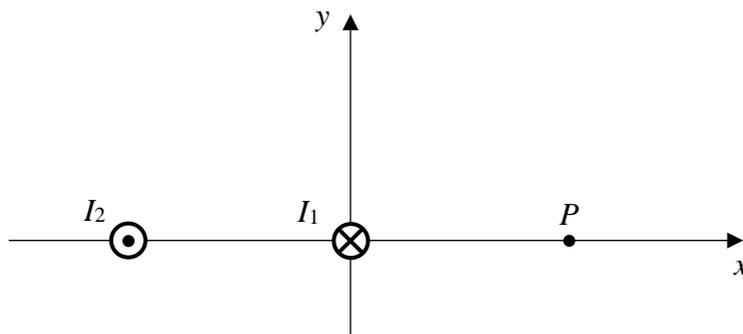
(d) Berechnen Sie die Stromstärke durch die Fläche A . Die Fläche A sei parallel zur yz -Ebene, verlaufe durch den Punkt $P(1 \text{ cm}, 0, 0)$ und sei begrenzt durch $-2 \text{ cm} \leq y \leq 3 \text{ cm}$, $-2 \text{ cm} \leq z \leq 2 \text{ cm}$.

Aufgabe 6: Magnetfeld (17 Punkte)

(a) Ein langer, gerader Leiter 1 in Luft führe den Strom $I_1 = 10 \text{ A}$. Der Leiter 1 habe einen kreisförmigen Querschnitt mit 1 mm Durchmesser. Er schneide die x - y -Ebene im Ursprung und liege entlang der z -Achse. Die Stromrichtung von I_1 sei entgegen der z -Achse orientiert. Berechnen Sie den Magnetfeldvektor im Punkt P in einem Abstand von 5 cm.

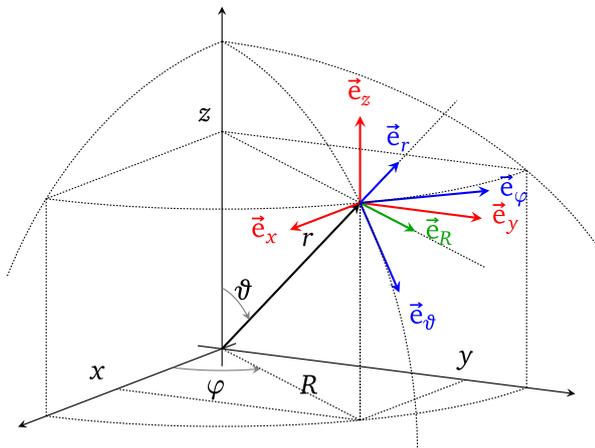


(b) Ein zweiter langer, gerader Leiter, der von $I_2 = 10 \text{ A}$ durchflossen wird und denselben Querschnitt hat, werde parallel in einem Abstand von 5 cm verlegt. Die Stromrichtung von I_2 sei in Richtung der z -Achse orientiert. Berechnen Sie den Magnetfeldvektor im Punkt P in einem Abstand von 5 cm.



(c) Skizzieren Sie die y -Komponente $H_y(x)$ des Magnetfeldvektors \vec{H} in Punkt P als Funktion der Position x von Leiter 2 entlang der x -Achse für $1 \text{ mm} < x \leq 10 \text{ cm}$. Berechnen Sie dazu vier signifikante Zahlenwerte für $H_y(x)$. Leiter 2 befinde sich immer bei $y = 0$ und sei parallel der z -Achse mit Stromfluss in positive z -Richtung. Die Position von Leiter 1 und P wird nicht verändert. Es darf angenommen werden, dass sich die Ströme in den Leitern nicht gegenseitig beeinflussen.

Definition der Koordinatensysteme



Umrechnungen

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \Phi_{Zy}(R, \varphi, z) = \begin{pmatrix} R \cos \varphi \\ R \sin \varphi \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \Phi_{Ku}(r, \vartheta, \varphi) = \begin{pmatrix} r \sin \vartheta \cos \varphi \\ r \sin \vartheta \sin \varphi \\ r \cos \vartheta \end{pmatrix}$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\vartheta = \arccos(z/r)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \varphi = \begin{cases} + \arccos(x/R) & y \geq 0 \\ - \arccos(x/R) & y < 0 \end{cases}$$

Kartesische Koordinaten

Zylinderkoordinaten

Kugelkoordinaten

Einheitsvektoren

$$\vec{e}_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_R = \begin{pmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x/R \\ y/R \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_r = \begin{pmatrix} \sin \vartheta \cos \varphi \\ \sin \vartheta \sin \varphi \\ \cos \vartheta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x/r \\ y/r \\ z/r \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_\varphi = \begin{pmatrix} -\sin \varphi \\ +\cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y/R \\ +x/R \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_\vartheta = \begin{pmatrix} \cos \vartheta \cos \varphi \\ \cos \vartheta \sin \varphi \\ -\sin \vartheta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z/r \cdot x/R \\ z/r \cdot y/R \\ -R/r \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_z = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_z = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{e}_\varphi = \begin{pmatrix} -\sin \varphi \\ +\cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y/R \\ +x/R \\ 0 \end{pmatrix}$$

Kurven-, Flächen- und Volumenelemente

$$\begin{aligned} d\vec{s}_x &= \vec{e}_x dx \\ d\vec{s}_y &= \vec{e}_y dy \\ d\vec{s}_z &= \vec{e}_z dz \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{s}_R &= \vec{e}_R dR \\ d\vec{s}_\varphi &= \vec{e}_\varphi R d\varphi \\ d\vec{s}_z &= \vec{e}_z dz \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{s}_r &= \vec{e}_r dr \\ d\vec{s}_\vartheta &= \vec{e}_\vartheta r d\vartheta \\ d\vec{s}_\varphi &= \vec{e}_\varphi r \sin \vartheta d\varphi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_x &= \vec{e}_x dy dz \\ d\vec{A}_y &= \vec{e}_y dz dx \\ d\vec{A}_z &= \vec{e}_z dx dy \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_R &= \vec{e}_R R d\varphi dz \\ d\vec{A}_\varphi &= \vec{e}_\varphi dz dR \\ d\vec{A}_z &= \vec{e}_z R d\varphi dR \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_r &= \vec{e}_r r^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi \\ d\vec{A}_\vartheta &= \vec{e}_\vartheta r \sin \vartheta d\varphi dr \\ d\vec{A}_\varphi &= \vec{e}_\varphi r dr d\vartheta \end{aligned}$$

$$dV = dx dy dz$$

$$dV = R dR d\varphi dz$$

$$dV = r^2 \sin \vartheta dr d\vartheta d\varphi$$

Gradient

$$\text{grad } \phi(x, y, z) = \vec{e}_x \frac{\partial \phi}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial \phi}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

$$\text{grad } \phi(R, \varphi, z) = \vec{e}_R \frac{\partial \phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{R} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

$$\text{grad } \phi(r, \vartheta, \varphi) = \vec{e}_r \frac{\partial \phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \vartheta} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{r \sin \vartheta} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi}$$