C | A | U	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Technische Fakultät

Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung	
Modulname	**Grundgebiete der Elektrotechnik II**
Datum	**22.09.2020**
Prüfpersonen	
1. Prüfperson	**Prof. Dr. Martina Gerken**
ggf. 2. Prüfperson	
Kandidat/in	
Matrikelnummer	
Name, Vorname	

Vorleistung **vor** SoSe 2020 berücksichtigen? ☐ Ja ☐ Nein

Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung

Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin. 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.

Unterschrift: ______________________________

Korrektur

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ
Punkte	13	18	16	21	18	14	100
erreicht							

Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote

Einsicht / Rückgabe

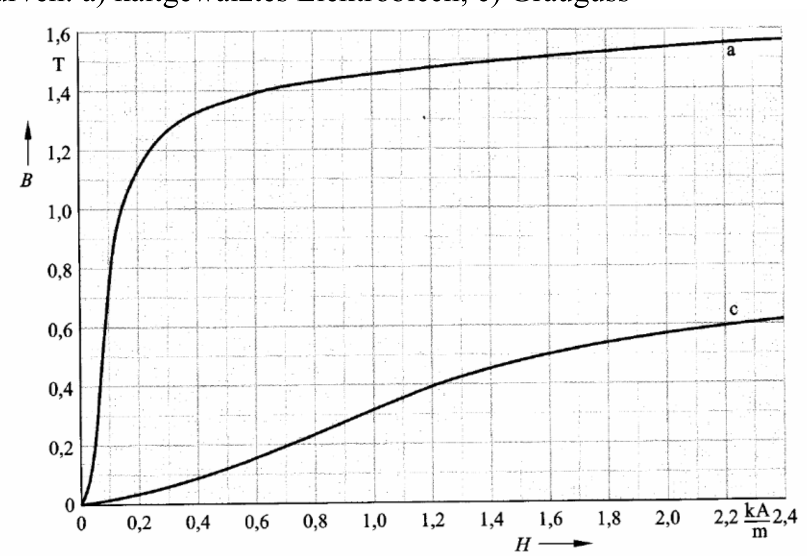
Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den ____________________ Unterschrift: ______________________________

Aufgabe 1: Ringspule (13 Punkte)

(a) Eine Ringspule mit 50 Windungen und einem mittleren Durchmesser von 1 cm habe einen Plastikkern ($\mu_{r,P}\approx 1$). Der Kernquerschnitt sei quadratisch mit einer Seitenlänge von 2 mm. Die Spule werde von einem Strom von 200 mA durchflossen. Um welchen Faktor würde sich jeweils die magnetische Feldstärke und die Flussdichte ändern, wenn der Plastikring durch einen Ringkern aus kaltgewalztem Elektroblech bzw. Grauguss ersetzt würde (Magnetisierungskurven in Abb. unten)?

Magnetisierungskurven: a) kaltgewalztes Elektroblech; c) Grauguss

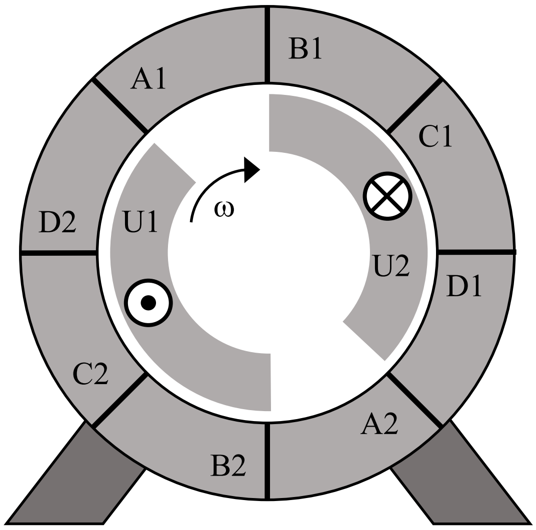


(b) Bestimmen Sie näherungsweise die in der Ringspule mit Plastikkern gespeicherte magnetische Energie bei einem Strom von 200 mA.

Aufgabe 2: Generator (18 Punkte)

Gegeben sei ein Generator, der als Innenpolmaschine ausgeführt ist. Die Läuferwicklung U (bestehend aus U1 und U2 in der Zeichnung unten) habe N Windungen und sei mit Gleichstrom betrieben. Der Läufer drehe sich mit der Kreisfrequenz ω. Gezeigt sei die Läuferposition zum Zeitpunkt $t = 0$ s. Der feststehende Ständer habe 4 Wicklungsstränge A, B, C und D. Diese seien wie in der Zeichnung gezeigt angeordnet. Die vier Ständerwicklungen A, B, C und D haben dieselbe Windungszahl M und seien gleichmäßig gewickelt. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass $\mu_r \approx 1$ im gesamten Raum gilt.

(a) Skizzieren Sie das von der Läuferwicklung erzeugte magnetische Feld in der Zeichnung. Zeichnen Sie mindestens vier Feldlinien ein.



(b) Betrachten Sie zunächst eine einzelne rechteckige Leiterschleife der Ständerwicklung mit Seitenlängen a und b und einer vernachlässigbar kleinen Unterbrechung mit zwei Klemmen. Gehen Sie davon aus, dass der Läufer in Innenraum des Generators ein rotierendes homogenes magnetisches Feld mit der Amplitude B_L erzeugt. Skizzieren Sie die Anordnung. Leiten Sie einen Ausdruck für die an den Klemmen induzierte Spannung her.

(c) Betrachten Sie nun den in (a) gezeigten Generator. Gehen Sie davon aus, dass der Läufer in Innenraum des Generators ein rotierendes homogenes Feld erzeugt. Stellen Sie die Gleichungen für die in den vier Ständerwicklungen A, B, C und D induzierten Spannungen auf. Nehmen Sie dabei an, dass in der Ständerwicklung A die Amplitude U_A induziert wird. Das Vorzeichen der induzierten Spannungen hängt vom Bezugssinn der Wicklungspakete ab. Wählen Sie ein Vorzeichen für U_A und gehen Sie von einem vollsymmetrischen Aufbau aus. Geben Sie die vier Spannungsgleichungen im Zeitbereich als Funktion von U_A, ω und t an. Achten Sie auf die korrekte Angabe der Phasenwinkel.

(d) Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm mit den vier Strangspannungen zum Zeitpunkt $t = 0$ s.

(e) Leiten Sie her, wie sich die Strangspannungen in den vier Ständerwicklungen ändern, wenn die Kreisfrequenz ω verdoppelt wird.

Aufgabe 3: Kenngrößen periodischer Schwingungen (16 Punkte)

An einem elektrischen Zweipol werden die folgende Spannung und der folgende Strom gemessen:

$$u(t) = 200\ \mathrm{V}\ \cos\left(\frac{2\pi}{16\ \mathrm{ms}}\ t\right), \quad i(t) = 150\ \mathrm{A}\ \cos\left(\frac{2\pi}{16\ \mathrm{ms}}\ t + 75°\right)$$

(a) Bestimmen Sie die gefragten Parameter der Schwingungen und ergänzen Sie die Tabelle!

	Spannung	**Strom**
Spitzenwert		
Frequenz		
Nullphasenwinkel (bezogen auf Kosinus)		
Komplexer Effektiv-wertphasor (P-Form)		
Mittelwert der Leis-tungsschwingung $p(t) = u(t)\, i(t)$		

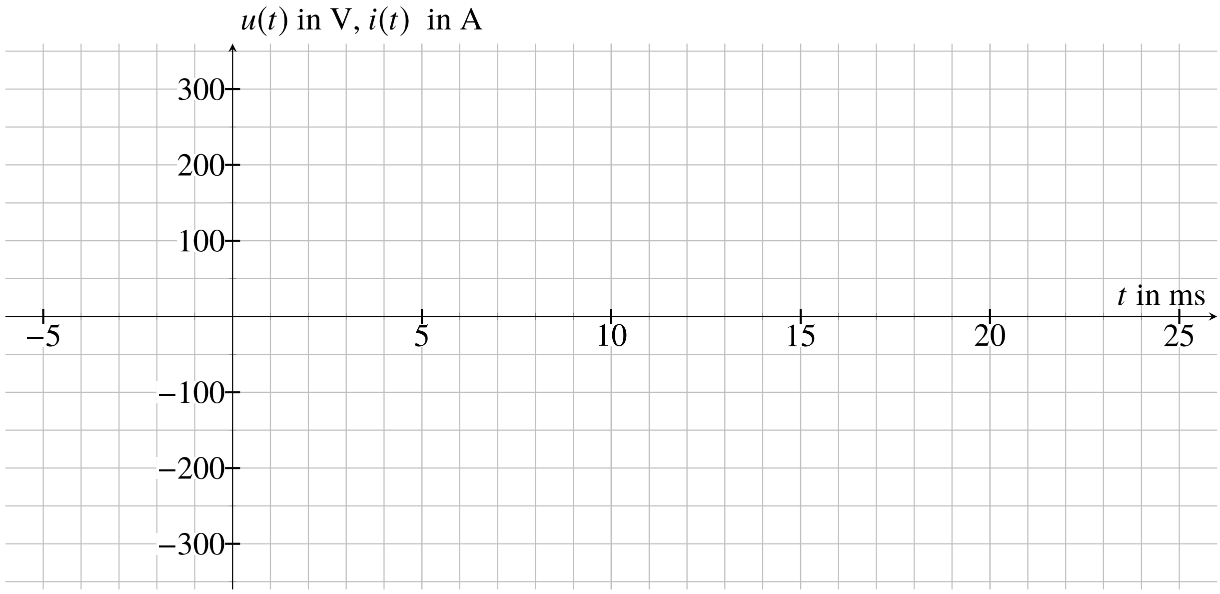
(b) Entscheiden Sie die folgenden vier Aussagen auf wahr oder falsch:

Bei dem Zweipol kann es sich handeln um …

wahr	falsch	
□	□	eine Serienschaltung aus idealem Ohm'schen Widerstand und Spule.
□	□	eine Serienschaltung aus idealem Ohm'schen Widerstand und Kondensator.
□	□	eine Parallelschaltung aus idealem Ohm'schen Widerstand und Spule.
□	□	eine Parallelschaltung aus idealem Ohm'schen Widerstand und Kondensator.

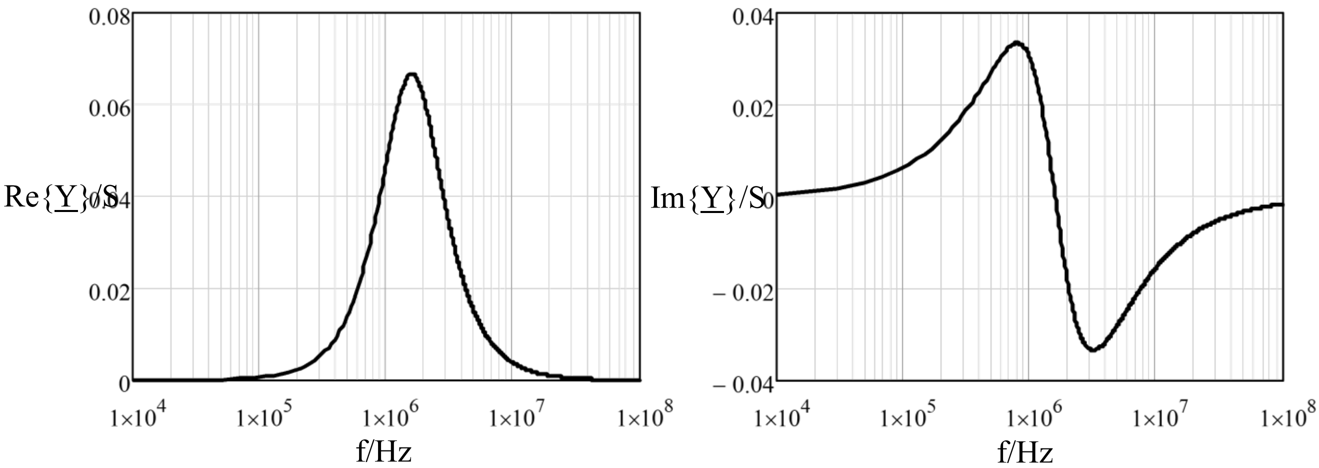
Bewertung: Kprim. Alle Aussagen können wahr oder falsch sein.
Vier Antworten richtig: 2 Punkte. Drei Antworten Richtig: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte.

(c) Skizzieren Sie die Zeitverläufe der beiden Schwingungen in das gegebene Diagramm! In der Skizze müssen charakteristische Punkte der Graphen klar erkennbar und korrekt eingezeichnet sein.



Aufgabe 4: Ortskurven (21 Punkte)

Es werde das frequenzabhängige Verhalten eines passiven Zweipolnetzes untersucht. Der Realteil und Imaginärteil der Leitwertfunktion des Zweipols verhalten sich wie in diesen Graphiken gezeigt:

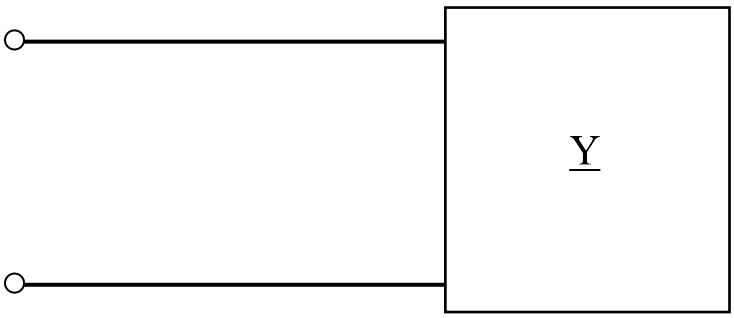


(a) Zeichnen Sie die Ortskurve der Leitwertfunktion maßstäblich. Kennzeichnen Sie mindestens vier signifikante Frequenzen.

(b) Zeichnen Sie die Ortskurve der Widerstandsfunktion maßstäblich. Kennzeichnen Sie mindestens vier signifikante Frequenzen.

(c) Welchen Leistungsfaktor hat das passive Netz bei der Frequenz $f = 1$ MHz? Verhält sich das Netzwerk bei dieser Frequenz kapazitiv oder induktiv?

(d) Es soll nun eine vollständige Blindleistungskompensation für die Frequenz $f = 1$ MHz realisiert werden. Zeichnen Sie die dafür notwendige(n) Komponente(n) in die Schaltung unten ein und spezifizieren Sie diese.

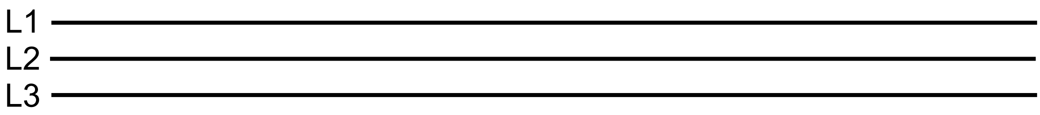


(e) Es soll eine gleichzeitige Blindleistungskompensation für die Frequenzen von 1 MHz und 2 MHz erreicht werden. Ist dieses möglich? Was bedeutet dieses für das Kompensationsnetzwerk? Begründen Sie schriftlich! Es ist keine Berechnung notwendig.

Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)

An ein 400-V-Drehstromnetz mit drei Leitern sollen drei Verbraucher $\underline{Z}_1 = 3\ \text{k}\Omega$, $\underline{Z}_2 = 1\ \text{k}\Omega\ \angle\text{-}15°$, $\underline{Z}_3 = 5\ \text{k}\Omega\ \angle 5°$ in Sternschaltung angeschlossen werden.

(a) Zeichnen Sie die Schaltung ein:

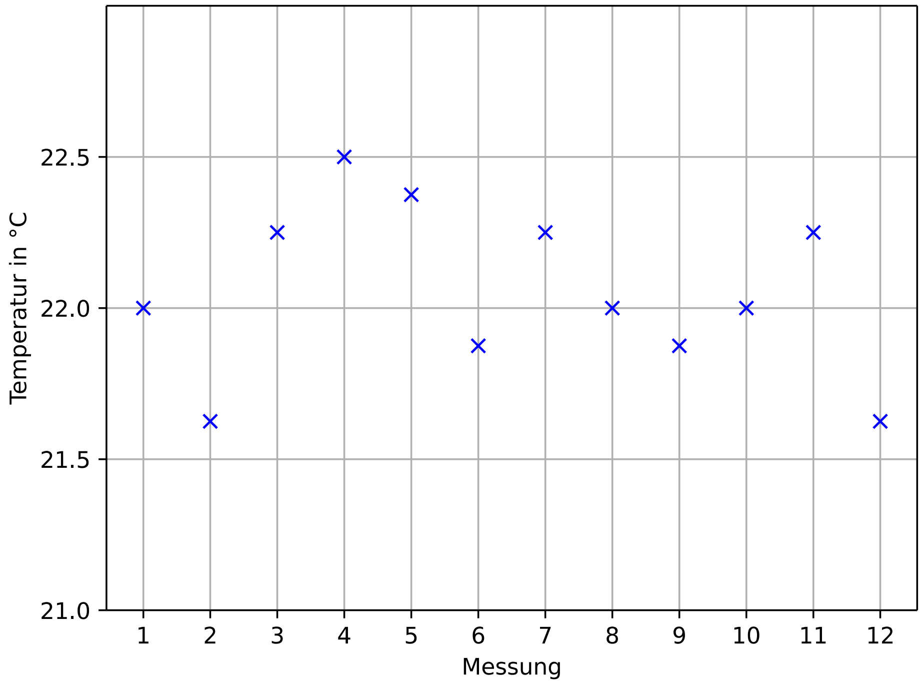


(b) Berechnen Sie die Strangspannungen und die Strangströme.

(c) Berechnen Sie die von der Verbrauchergruppe aufgenommene Wirkleistung und Blindleistung. Wie groß ist der Leistungsfaktor der Verbrauchergruppe?

Aufgabe 6: Messtechnik (14 Punkte)

Für die Bestimmung der Außentemperatur werden mit einem digitalen Temperatursensor, der einen 8-Bit Analog-Digitalumsetzer enthält, folgende Messwerte nacheinander aufgenommen:



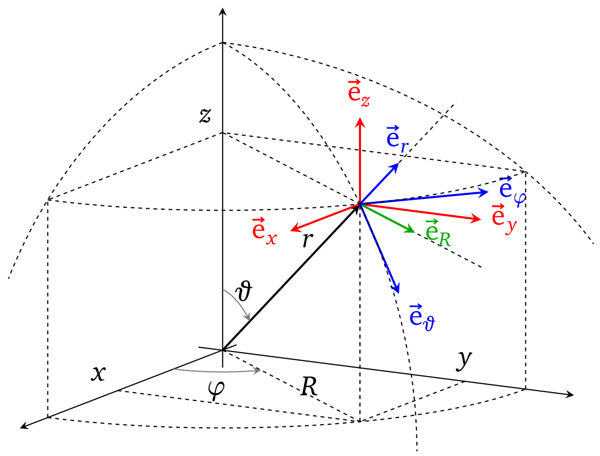
(a) Berechnen Sie den Mittelwert $\tilde{T}$ als Schätzung des wahren Wertes und die Schwankung s_T der Einzelmesswerte.

(b) Bestimmen Sie die aus den Messwerten erkennbare Stufengröße des Analog-Digitalumsetzers sowie die Genauigkeit des Messergebnisses, die durch die Analog-Digitalwandlung gegeben ist.

(c) Laut Datenblatt werden von dem digitalen Temperatursensor Temperaturen ab 5 °C dargestellt. Welche maximale Temperatur kann mit dem AD-Umsetzer unter Annahme einer linearen Kennlinie dargestellt werden?

(d) Die Außentemperatur wird für die Dauer der Messung als konstant angenommen. Welche Rauscharten können grundsätzlich die Schwankung der Messwerte verursachen? Kann die Schwankung der gezeigten Messwerte trotz Quantisierung annähernd geschätzt werden? Diskutieren Sie!

Definition der Koordinatensysteme



Umrechungen

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

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

$$R = \sqrt{x^2+y^2} \qquad \vartheta = \arccos(z/r)$$

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

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

$d\vec{s}_x = \vec{e}_x\,dx$ $d\vec{s}_y = \vec{e}_y\,dy$ $d\vec{s}_z = \vec{e}_z\,dz$	$d\vec{s}_R = \vec{e}_R\,dR$ $d\vec{s}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,R\,d\varphi$ $d\vec{s}_z = \vec{e}_z\,dz$	$d\vec{s}_r = \vec{e}_r\,dr$ $d\vec{s}_\vartheta = \vec{e}_\vartheta\,r\,d\vartheta$ $d\vec{s}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,r\sin\vartheta\,d\varphi$
$d\vec{A}_x = \vec{e}_x\,dy\,dz$ $d\vec{A}_y = \vec{e}_y\,dz\,dx$ $d\vec{A}_z = \vec{e}_z\,dx\,dy$	$d\vec{A}_R = \vec{e}_R\,R\,d\varphi\,dz$ $d\vec{A}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,dz\,dR$ $d\vec{A}_z = \vec{e}_z\,R\,d\varphi\,dR$	$d\vec{A}_r = \vec{e}_r\,r^2\sin\vartheta\,d\vartheta\,d\varphi$ $d\vec{A}_\vartheta = \vec{e}_\vartheta\,r\sin\vartheta\,d\varphi\,dr$ $d\vec{A}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,r\,dr\,d\vartheta$
$dV = dx\,dy\,dz$	$dV = R\,dR\,d\varphi\,dz$	$dV = r^2\sin\vartheta\,dr\,d\vartheta\,d\varphi$

Gradient

$\operatorname{grad}\phi(x,y,z) =$ $\vec{e}_x\frac{\partial\phi}{\partial x} + \vec{e}_y\frac{\partial\phi}{\partial y} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(R,\varphi,z) =$ $\vec{e}_R\frac{\partial\phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{R}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(r,\vartheta,\varphi) =$ $\vec{e}_r\frac{\partial\phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta\frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\vartheta} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi}$