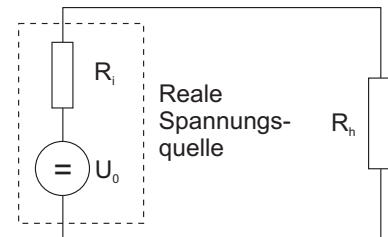


ÜBUNGSAUFGABEN (II)

(Besprechung Mittwoch, 15.5.19)

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Eine reale unregelte Spannungsquelle erreicht ihre angegebene Ausgangsspannung U_0 in der Regel nur dann, wenn sie nicht belastet wird, d.h. wenn der Ausgangsstrom Null ist (Leerlaufspannung). Bei Belastung mit einem Strom I verhält sich die gemessene Ausgangsspannung (Klemmspannung U_{kl}) so, als wenn die fehlende Spannungsdifferenz an einem Widerstand R_i abfallen würde (Innenwiderstand), also

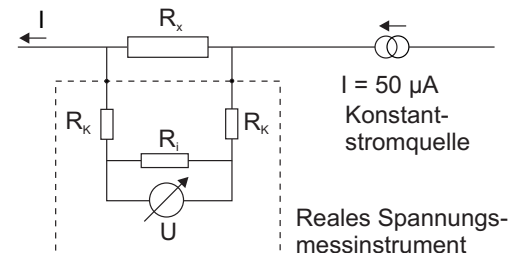


$$U_{kl} = U_0 - R_i I .$$

An einer realen Spannungsquelle mit $U_0 = 100 \text{ V}$ und Innenwiderstand $R_i = 10 \Omega$ sei eine elektrische Heizung mit Heizwiderstand R_h angeschlossen (vgl. Skizze). Der Widerstand R_h soll so gewählt werden, dass die Heizleistung P maximal wird. Berechnen Sie zunächst die Heizleistung P als Funktion von R_h und stellen Sie $P(R_h)$ in einem Diagramme dar. Berechnen Sie anschließend den gesuchten optimalen Wert für R_h sowie die damit resultierende Heizleistung.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

In der skizzierten Anordnung soll die Spannung an dem Widerstand $R_x = 100 \text{ k}\Omega$ gemessen werden. Das reale Spannungsmessinstrument hat einen Innenwiderstand $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ und beim Anschluss an den Widerstand treten ungewünschte Kontaktwiderstände $R_k = 5 \text{ k}\Omega$ auf. Der durch Widerstand und Messinstrument fließende Gesamtstrom I wird durch eine Konstantstromquelle auf $I = 50 \mu\text{A}$ festgehalten.



Berechnen Sie zunächst die Spannung, die ein ideales Messinstrument ($R_i = \infty$, $R_k = 0$) messen würde. Welche Spannung wird dagegen bei dem realen Messinstrument abgelesen? Wie groß ist der relative Fehler bezogen auf den Idealfall?

Aufgabe 3: (3 Punkte)

Das elektrische Feld im Inneren eines langen, dünnen, homogen geladenen Zylinders mit Symmetrieachse in z -Richtung ist gegeben durch

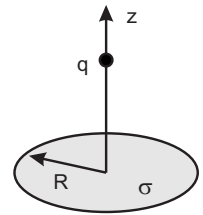
$$\vec{E}(\vec{r}) = a \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix}$$

mit $a = -2 \text{ V/m}^2$. Skizzieren Sie die zugehörigen elektrischen Feldlinien in der xy -Ebene. Berechnen Sie weiterhin das elektrostatische Potential $\Phi(\vec{r})$ und skizzieren Sie dessen Äquipotentiallinien in der xy -Ebene für $\Phi(\vec{r}) - \Phi(0) = 0 \text{ V}, 2 \text{ V}, 4 \text{ V}$ und 6 V .

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Eine Probeladung q bewegt sich entlang der Symmetrieachse einer dünnen geladenen Kreisscheibe konstanter Flächenladungsdichte $\sigma = Q/(\pi R^2)$ im Abstand z von deren Mittelpunkt (vgl. Skizze).

- Berechnen Sie die Kraft $\vec{F}$ auf die Probeladung q als Funktion des Abstands z . Zerlegen Sie hierzu die Kreisscheibe A in geeignete Flächenelemente dA und integrieren Sie die Kräfte $d\vec{F}$ der infinitesimalen Ladungsbeiträge $dQ = \sigma dA$ auf die Probeladung. Nutzen Sie die Symmetrie der Anordnung zur Bestimmung der Richtung von $d\vec{F}$.
- Nähern Sie das Ergebnis für die beiden Grenzfälle $z \ll R$ und $z \gg R$ und interpretieren Sie die Resultate.



Hinweis: Das auftretende Integral dürfen Sie „nachschnagen“.¹

¹z.B. bei <http://integrals.wolfram.com>