UWIS, Physik II, Lösung Serie 4

Thomas Kuster

18. November 2004

1 Schreibtischlampe

$$
\begin{aligned}
P &= 60\text{W Leistung der Lampe} \\
U &= 220\text{V alte Netzspannung, effektiver Wert} \\
\nu &= 50\text{Hz Netzfrequenz} \\
A &= 7.5 \cdot 10^{-7}\text{m}^2 \text{ Kabelquerschnitt} \\
\varrho &= 8.930 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Dichte von Kupfer} \\
M &= 63.546 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \text{ Molmasse von Kupfer} \\
N_A &= 6.023 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{kmol}} \text{ Molmasse von Kupfer} \\
q &= 1.602 \cdot 10^{-19}\text{C Elementarladung} \\
n &= \text{Anzahl frei Elektronen}
\end{aligned}
$$

Ab 1987 wurden die Netzspannungen in Europa schleichend aneinander angeglichen, seit 2003 ist die Spannung in allen Länder 230V $\pm 10\%$.

1.1 Geschwindigkeit (v) der Elektronen

Betrachte nur $|v|$, da Wechselstrom

$$
\begin{aligned}
I &= nqvA && (1) \\
P &= UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} && (2) \\
n &= \frac{\varrho N_A}{M} \text{ da pro Atom ein freies Elektron} && (3)
\end{aligned}
$$

$$(1) \Rightarrow v = \frac{I}{nqA} \overset{(2)}{=} \frac{P}{UnqA} \overset{(3)}{=} \frac{PM}{U\varrho N_A qA} =$$

$$\frac{60\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} \cdot 63.546\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{kmol}}}{220\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} \cdot 8.930 \cdot 10^3\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 6.023 \cdot 10^{26}\frac{1}{\mathrm{kmol}} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}\mathrm{C} \cdot 7.5 \cdot 10^{-7}\mathrm{m}^2} =$$

$$2.682 \cdot 10^{-5}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 2.7 \cdot 10^{-5}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$\Rightarrow |v|$ ist sehr klein!

1.2 Bewegungsrichtung

Die Elektronen bewegen sich mit 50Hz hin und her $\Rightarrow \bar{v} = 0$, $|v|$ siehe (1.1)

2 Widerstandswürfel

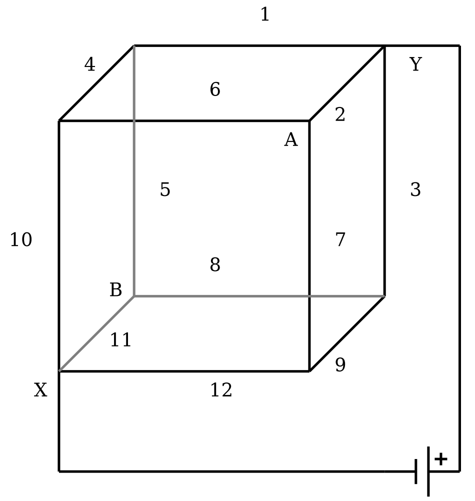

Abbildung 1: Würfel

$$\begin{aligned}
R_i &= 1\Omega \text{ Widerstand} && (4)\\
i &= \text{Positonsindex wie in der Abbildung (1) für } U \text{ und } I && (5)\\
U_{AB} &= \text{Spannung von A nach B} && (6)\\
U_{tot} &= \text{Spannung von Y nach X} && (7)\\
I_6 + I_7 &= I_2 \Rightarrow I_7 = \frac{I_2}{2} \text{ da } I_6 = I_7 \text{ (Symmetrie)} && (8)\\
I_2 &= I_{12} \text{ Symmetrie} && (9)\\
U_2 &= U_{11} \text{ Symmetrie} && (10)
\end{aligned}$$

$$U_{AB} = U_{tot} - U_2 - U_{11} = U_{tot} - R_2 I_2 - R_{11} I_{11} \quad (11)$$
$$U_{AB} = U_7 + U_{12} - U_{11} = R_7 I_7 + R_{12} I_{12} - R_{11} I_{11} \quad (12)$$

$$(11)\ \&\ (12) \text{ mit } (4) \Rightarrow U_{tot} + R(-I_2 - I_{11}) = R(I_7 + I_{12} - I_{11}) \Rightarrow$$
$$U_{tot} = R(I_7 + I_{12} - I_{11} + I_2 + I_{11}) = R(I_7 + I_{12} + I_2) \overset{(8)\ \&\ (9)}{=}$$
$$R(\frac{I_2}{2} + I_2 + I_2) = R\frac{5I_2}{2} \Rightarrow I_2 = \frac{2U_{tot}}{5R} \quad (13)$$

$$U_2 = RI_2 \overset{(13)}{=} R\frac{2U_{tot}}{5R} = \frac{2U_{tot}}{5} \quad (14)$$
$$U_{AB} \overset{(11)}{=} U_{tot} - U_2 - U_{11} \overset{(10)}{=} U_{tot} - 2U_2 \overset{(14)}{=} U_{tot} - 2\frac{2U_{tot}}{5} =$$
$$U_{tot} - \frac{4U_{tot}}{5} = \frac{1}{5}U_{tot}$$

2.1 Proton im Magnetfeld

$$B = 0.2\text{T Magnetfeld}$$
$$r = 0.3\text{m Radius}$$
$$v = \text{ Geschwindigkeit des Protons in } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ Winkel zwischen } \vec{B} \text{ und } \vec{v}$$
$$m = 1.673 \cdot 10^{-27}\text{kg Masse des Protons}$$

2.2 Geschwindigkeit (v)

$$F_L = qvB\sin\varphi$$
$$F_z = \frac{m}{a_z} = \frac{m}{\frac{v^2}{r}} = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_L = F_z \Rightarrow qvB\sin\varphi = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{qB\sin\varphi r}{m}0$$
$$\frac{1.602 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 0.2\text{T} \cdot \sin\frac{\pi}{2} \cdot 0.3\text{m}}{1.673 \cdot 10^{-27}\text{kg}} = 5.745 \cdot 10^6 \frac{\frac{\text{Js}}{\text{Cm}^2} mC}{kg} \approx$$
$$5.7 \cdot 10^6 \frac{\text{Js}}{\text{kgm}} = 5.7 \cdot 10^6 \frac{\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}\text{ms}}{\text{kg m}} = 5.7 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2.3 Umlaufzeit (T)

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi 0.3\text{m}}{5.745 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3.281 \cdot 10^{-7}\text{s} \approx 3.3 \cdot 10^{-7}\text{s}$$

3 Toaster

$$\begin{aligned}
\varrho_{20} &= 1.2 \cdot 10^{-6}\Omega \text{ spezifischer Widerstand bei } T_{20} = 20°\text{C} \\
\alpha &= 3.5 \cdot 10^{-4}\frac{1}{\text{K}} \text{ Temperaturkoeffizient} \\
U &= 220\text{V Betriebsspannung} \\
T_E &= 0°\text{C Einschalttemperatur} \\
I_E &= 1.5\text{A Einschaltstorm} \\
I_G &= 1.3\text{A Strom im Gleichgewicht}
\end{aligned}$$

$$U = RI \quad (15)$$

$$\varrho(T) = \varrho_{20}\left[1 + \alpha(T - T_{20})\right] \quad (16)$$

$$R(T) = \varrho(T)\frac{l}{A} \quad (17)$$

$$U = R_E I_E = R_G I_G \overset{(17)}{\Rightarrow} \varrho(T_E)\frac{l}{A}I_E = \varrho(T_G)\frac{l}{A}I_G \Rightarrow$$

$$\varrho(T_E)\frac{I_E}{I_G} = \varrho(T_G) \overset{(16)}{\Rightarrow} \varrho_{20}\left[1 + \alpha(T_E - T_{20})\right]\frac{I_E}{I_G} = \varrho_{20}\left[1 + \alpha(T_G - T_{20})\right] \Rightarrow$$

$$\left[1 + \alpha(T_E - T_{20})\right]\frac{I_E}{I_G} = 1 + \alpha(T_G - T_{20}) \Rightarrow$$

$$T_G = \left(\left[1 + \alpha(T_E - T_{20})\right]\frac{I_E}{I_G} - 1\right)\frac{1}{\alpha} + T_{20} =$$

$$\left(\left[1 + 3.5 \cdot 10^{-4}\frac{1}{\text{K}}(0°\text{C} - 20°\text{C})\right]\frac{1.5\text{A}}{1.3\text{A}} - 1\right)\frac{1}{3.5 \cdot 10^{-4}\frac{1}{\text{K}}} + 20°\text{C} \approx 436°\text{C}$$