2) a) α) $B = \mu_0 \frac{n}{l} I(t)$, $I(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$

$$\Rightarrow \dot{B} \sim \cos(\omega t) \Rightarrow \dot{\phi} \neq 0 \Rightarrow U_{Ind} \neq 0$$

β) Bew. längs Spulenachse $\Leftrightarrow \dot{A} = 0$ ($\dot{B} = 0$ laut Aufg.-St.)

$$\Rightarrow \dot{\phi} = 0 \Rightarrow U_{Ind} = 0$$

b) $B = \mu_0 \cdot \frac{N_1}{l_1} I = 7{,}3\,mT$

c) $U_{Ind} = -N_2 \dot{\phi} = -N_2 \cdot A_2 \dot{B} = -N_2 A_2 \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$

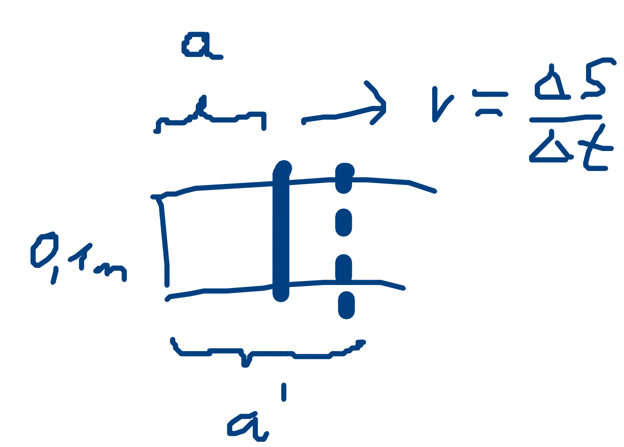
$$= -N_2 A_2 \frac{0{,}5 \; 7{,}3\,mT - 7{,}3\,mT}{0{,}5\,s} = +200 \cdot 20{,}25 \cdot 10^{-4}\,m^2 \; 7{,}3 \cdot 10^{-3} \frac{T}{s}$$

$$= 3\,mV$$

3) a) $U_{Ind} = -N \cdot \dot{\phi} = -1 \cdot \dot{\phi} = -\dot{A} \; B = -0{,}1m \cdot v \; B$

$$= 22{,}5\,mV$$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R} = 45\,mA$$



$\Delta A = 0{,}1m \; \Delta s \Leftarrow \begin{cases} \text{vorher:} & A = 0{,}1m \cdot a \\ \text{nachher:} & A' = 0{,}1m \cdot a' = 0{,}1m \, (a + \Delta s) \end{cases}$

$$\Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = 0{,}1m \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = 0{,}1m \; v$$

b) $\vec{F}_L = l \; \vec{I} \times \vec{B}$ hier: $F_L = l \cdot I \cdot B = 4{,}1\,mN$

3) c) $W_m = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \underbrace{\cos \sphericalangle(\vec{F}, \vec{s})}_{0°} = F\, s$ (oder Δs)

$(s=)\, \Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow W_m = F \cdot v \cdot \Delta t = 4{,}05\, mN \cdot 0{,}25 \frac{m}{s} \cdot 10\, s = 10{,}125\, mJ$

$\Delta W_{el} = U\, I\, \Delta t = 22{,}5\, mV \cdot 45\, mA\ 10\, s$ $\quad \left[P = U\, I = \frac{\Delta W}{\Delta t} \right]$

$= 10{,}125\, mJ$

d) $F_L = I \cdot l \cdot B = \frac{U}{R}\, l\, B = \frac{l \cdot v B}{R} \cdot l B$

$= \frac{l^2 B^2 v}{R}$ q e d.

linear: $v \sim t \Rightarrow v = a \cdot t$, $a = \text{konst.}$

nicht linear. a ist nicht konstant

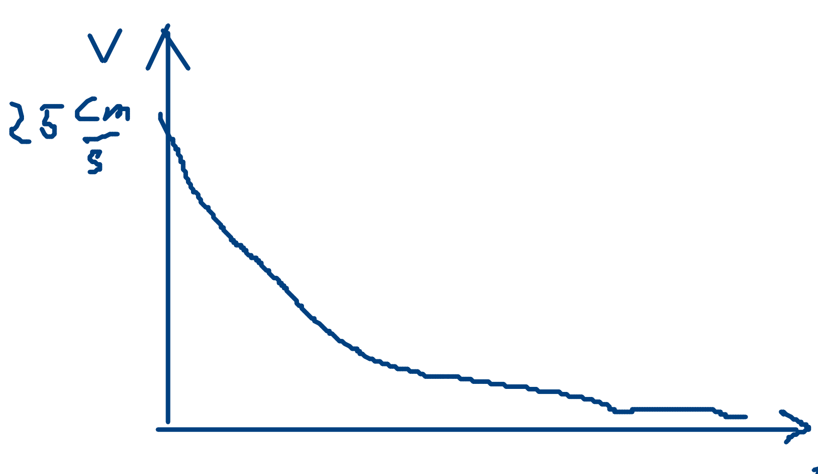
($v \sim t^2$ o. ä. geht nicht wg. der Einheiten)

$\boxed{a = \ ?}$ $\quad a = \frac{F}{m} = \frac{B^2 l^2}{m R} \cdot v$

$\Rightarrow a \sim v$

$\Leftrightarrow \dot{v} \sim v$

$\Rightarrow v$ ist eine e-Fkt.



$U = -n \dot{\phi}$

$= -n \cdot B \frac{\Delta A}{\Delta t}$

$= l\, v \cdot B$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, $a = \dot{v}$

$F = m \cdot a$

$F_L = q\, v \cdot B$

$E = \frac{F}{q}$

Feldst. = $\frac{\text{Kraft}}{\text{Probegröße}}$

$B = \frac{F}{I\, l}$

$\Rightarrow F = I \cdot l \cdot B$

$F = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

$R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

4 a) Mit GTR: linear ($k = 0{,}02\ Vs$, $R^2 = 0{,}999$)

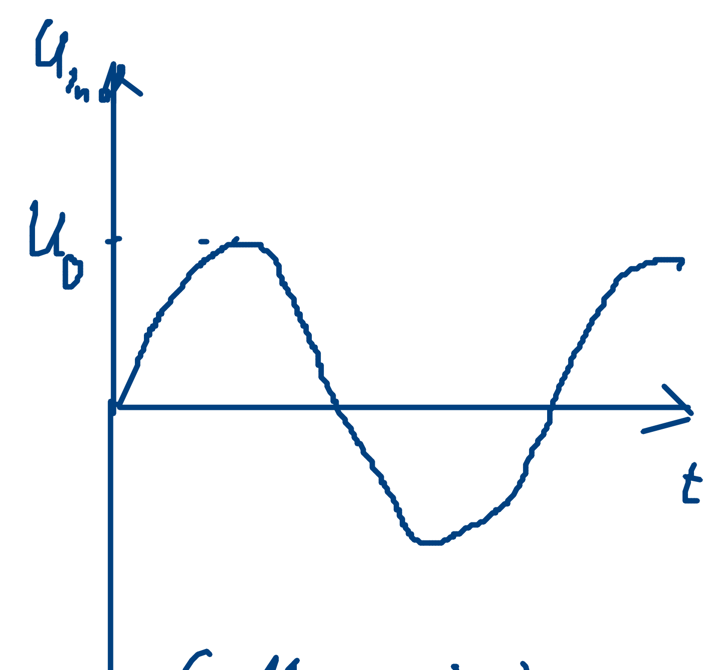
b) $U_{ind} = -N\dot{\Phi} = -N\frac{d}{dt}(\vec{A}\cdot\vec{B})$ $\left[= -N\left(\dot{\vec{A}}\cdot\vec{B} + \underbrace{\vec{A}\ \dot{\vec{B}}}_{=0}\right)\right]$

$= -N\frac{d}{dt}\left(A\cdot B\ \cos\sphericalangle(\vec{A},\vec{B})\right)$

$= -N\frac{d}{dt}\left(A\cdot B\ \cos(\omega t)\right)$ $\quad (A = A_0)$

$= -N\cdot A\cdot B\cdot\frac{d}{dt}\left(\cos(\omega t)\right)$

(Kettenregel) $= N\cdot A\cdot B\ \omega\cdot\sin(\omega t)$ $\Rightarrow$



(allgemein:)

$U_{ind} = U_0\cdot\sin(\omega t)$

z.z. $k = 2\pi NAB$ $\quad$ ($U_0 = k f$, Aufg a))

$\Rightarrow$ $NAB\omega\ \sin(\omega t) = U_0\cdot\sin(\omega t)$

$\Rightarrow$ $NAB\omega = U_0 \underset{a)}{=} k\cdot f$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

$NAB\,2\pi f = k\,f$

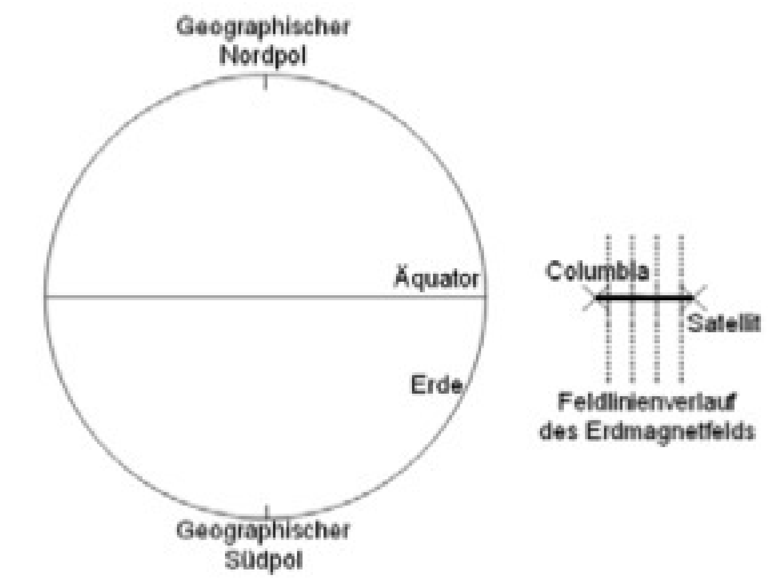
$\Leftrightarrow$ $NAB\,2\pi = k$ q.e.d

$\Rightarrow$ $B = \frac{k}{NA\,2\pi} = \frac{0{,}02059\ Vs}{500\cdot 40\ 10^{-4}\,m^2\cdot 2\pi} = 1{,}64\cdot 10^{-3}\ T$

Abi NRW 2008

Gehen Sie vereinfacht davon aus, dass sich Raumfähre und Satellit oberhalb des Erdäquators befinden und dass das senkrecht zur Erdoberfläche verlaufende Verbindungsseil die Erdmagnetfeldlinien senkrecht schneidet. Daten: Erdradius $r = 6,37 \cdot 10^3$ km, Stärke des Erdmagnetfelds am Ort der Raumfähre $B = 3,0 \cdot 10^{-5}$ T, Flughöhe der sich von **West nach Ost** bewegenden Raumfähre $h = 300$ km, Umlaufdauer der Raumfähre $T = 90,4$ min. Von Einflüssen der Gravitation und Reibung darf abgesehen werden.

Erläutern Sie, warum zwischen den Enden des Seils eine Spannung entsteht, und begründen Sie anhand der nebenstehenden Skizze, an welchem Ende des Seils sich der negative Pol dieses „Generators" ausbildet.



Zeigen Sie, dass sich (unter der Annahme homogener Felder) für die an den Enden des Seils zu erwartende Spannung U ergibt: U = l · v · B. Berechnen Sie diese Spannung (auf eine Umformung der Maßeinheiten wird verzichtet).

$U = l \; v \; B$

geg.: l, B

ges.: v

$v = \frac{u}{t} = \frac{2\pi \cdot r}{t}$

$r = 6,37 \; 10^6 \,m + 3 \cdot 10^5 \,m$

$t = 90,4 \cdot 60 \,s$

$\Rightarrow U = 2,07 \; 10^4 \,m \frac{2\pi 6,67 \cdot 10^6 \,m}{5624 \,s} \cdot 3 \cdot 10^{-5} \,T$

$= 4,6 \,kV$

$I = 0,83 \,A$

Wie groß ist F auf das Seil?

$F = l \cdot I \cdot B$ (allg. $\vec{F} = l \, \vec{I} \times \vec{B}$)

$= 2,07 \cdot 10^4 \,m \; 0,83 \,A \; 3 \cdot 10^{-5} \,T = 0,52 \,N$

in die Zeichenebene hinein

Viel zu klein, um irgendetwas zu zerreißen

$\vec{F} \parallel \vec{v} \Rightarrow F$ wirkt beschleunigend

($\Rightarrow$ durch größeres v wächst r)

Während des Experiments wurde kurzzeitig ein Strom der Stärke $I = 0{,}830\ \text{A}$ gemessen.

Berechnen Sie die durch den Stromfluss entstehende, am Verbindungsseil angreifende Kraft, bestimmen Sie ihre Richtung und geben Sie an, ob diese Kraft für das Reißen des Seils verantwortlich gemacht werden kann.
Erläutern Sie, welchen Einfluss diese Kraft bei deutlich größeren Stromstärken auf die Bewegung des Gespanns aus Raumfähre und Satelliten ausüben würde. (20 Punkte)

<-- 15.3.2013