Universität Potsdam	WS2019/20: Übung 10
Institut für Physik und Astronomie	Vorlesung: Feldmeier
Abgabe Mi 15 Uhr/Do 10 Uhr am 18./19. Dezember 2019	Übung: Schwarz[1]

Übungsaufgaben zur Elektrodynamik[2] **26 Punkte**

1. Magnetische Energie eines gestreckten Koaxialkabels **5 Punkte**

Gegeben sei ein gerades langes Koaxialkabel: Innenzylinderradius a, Außenzylinderradius b. Längs der Innenzylinderoberfläche fließe der Strom I die eine Richtung und längs der Außenzylinderoberfläche fließe der gleiche Strom in die entgegengesetzte Richtung. Bestimmen Sie die magnetische Energie pro Längeneinheit l des Koaxialkabels.

2. Magnetischer Fluss durch lange Spule **6 Punkte**

Betrachten Sie eine kleine Spule der Windungszahl n_1, des Radius a und der Länge l auf der Achse innerhalb einer unendlich langen Spule der Windungszahl n_2 mit dem Radius b. Die kleine Spule wird vom Strom I durchflossen. Bestimmen Sie den magnetischen Fluss Φ durch die lange Spule.

3. Selbstinduktivität einer Ringspule **5 Punkte**

Bestimmen Sie die Selbstinduktivität einer Ringspule rechteckigem Querschnitts mit Innenzylinderradius a und Außenzylinderradius b. Die Höhe der Spule sei h. Die Spule enthält N Windungen.

4. Energieerhaltung im Transformator **6 Punkte**

An einem Transformator mit den Primär- bzw. Sekundärwindungszahlen N_1 und N_2 liege die Eingangsspannung $V_{\text{in}} = V_1 \cos(\omega t)$ und an der Sekundärseite (Ausgangsspannung V_{out}) liege ein Widerstand R. Führen Sie die folgenden Berechnungen aus, um die Energieerhaltung zu zeigen (je 2 Punkte).
a) Im idealen Transformator durchsetzt identischer magnetischer Fluß alle Primär- und Sekundärwindungen. Zeigen Sie, dass dann $M^2 = L_1 L_2$, wobei M die gegenseitige Induktivität und L_1, L_2 die Selbstinduktivitäten der beiden Spulen sind.
b) Zeigen Sie, dass die Ströme gegeben sind durch

$$L_1(dI_1/dt) + M(dI_2/dt) = V_1 \cos(\omega t); \quad L_2(dI_2/dt) + M(dI_1/dt) = -I_2 R\,.$$

c) Bestimmen Sie $I_1(t)$ und $I_2(t)$ (I_1 sei frei von Gleichstromanteilen).
d) Zeigen Sie, dass $V_{\text{out}}/V_{\text{in}} = N_2/N_1$.
e) Zeigen Sie die Gleichheit der mittleren Ausgangs- und Eingangsleistungen.

[1] udo.schwarz@uni-potsdam.de
[2] http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/Lehre/lehrangebot/2019WSEDynamik/2019WSEDynanik.html

5. **Maxwell'scher Verschiebungsstrom** $\boxed{\textbf{4 Punkte}}$

Ein Wechselstrom $I = I_0 \cos(\omega t)$ fließt durch einen langen geraden Draht und kehrt durch ein koaxiales Rohr mit Radius R zurück. Das elektrische Feld zur Zeit t im Abstand s vom Draht ist $\vec{E}(s,t) = \frac{\mu_0 I_0 \omega}{2\pi} \sin(\omega t) \ln\left(\frac{R}{s}\right) \hat{z}$.

a) Bestimmen Sie die Verschiebungsstromdichte $\vec{j}_D = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$.

b) Berechnen Sie den Verschiebungsstrom im Rohr $I_D = \int_A \mathrm{d}\vec{a} \cdot \vec{j}_D$

c) Vergleichen Sie Strom I und Verschiebungsstrom I_D, indem Sie das Verhältnis $\frac{I_D}{I}$ diskutieren. Wie groß müsste die Frequenz ω bei einem Rohrradius von 2mm sein, damit I_D 1% des Stroms I beträgt?