

Frankfurt, 13. November 2015

Übungen zur Vorlesung  
Theoretische Physik III - Elektrodynamik  
Wintersemester 2015/16

**Blatt 5**

(Abgabetermin: Freitag, 20. 11. 2015, 12:00 Uhr in der Vorlesung)

Name(n)	
Übungsgruppe	
Punkte	

**Aufgabe 18 (Ampèresches Gesetz)** (5 Punkte)

Berechnen Sie, mithilfe des Ampèreschen Gesetzes:

- das Magnetfeld  $\mathbf{B}(\mathbf{r})$  eines unendlichen geraden Drahtes, durch den ein konstanter Strom  $I$  fließt.
- das Magnetfeld  $\mathbf{B}(\mathbf{r})$  an der Achse einer langen Zylinderspule mit  $n$  Windungen pro Längeneinheit und Radius  $a$ , durch die ein konstanter Strom  $I$  fließt. Konzentrieren Sie sich nur auf eine Region innerhalb der Zylinderspule, die weit genug von deren Enden entfernt ist.
- Wenn die oben beschriebene Zylinderspule 2 Windungen pro cm hat, wie viel Strom muss durch sie fließen, um ein Magnetfeld von  $5 \cdot 10^{-5}$  T zu erzeugen (d.h. in der Größenordnung vom Magnetfeld an der Oberfläche der Erde)?

**Aufgabe 19 (Eichung und Multipolentwicklung)** (5 Punkte)

- Überprüfen Sie, ob das Vektorpotential

$$(1) \quad \mathbf{A}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int d^3r' \frac{\mathbf{j}(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

die Coulombgleichung  $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$  erfüllt.

- Durch eine Eichtransformation  $\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \nabla\chi$  bleibt die magnetische Induktion  $\mathbf{B}$  unverändert. Diskutieren Sie, inwiefern sich eine Multipolentwicklung für ein gegebenes Vektorpotential  $\mathbf{A}'$  durchführen lässt.

**Aufgabe 20 (Eichtransformationen)** (5 Punkte)

- a) Überprüfen Sie, ob es sich bei den folgenden Transformationen um Eichtransformationen der elektromagnetischen Potentiale handeln kann:

$$(2) \quad (i) \mathbf{A}' = \mathbf{A} + \frac{\mathbf{r} - \mathbf{X}t}{|\mathbf{r} - \mathbf{X}t|^3} \quad (ii) \mathbf{A}' = \mathbf{A} + (\mathbf{X} \times \mathbf{r}) \exp(i\omega t)$$

wobei  $\mathbf{X} \neq 0$  ein konstanter Vektor ist. Falls ja: Wie muss man das skalare Potential  $\Phi$  transformieren, sodass auch das  $\mathbf{E}$ -Feld unverändert bleibt?

- b) Welchen Einschränkungen unterliegt das Eichpotential  $\chi(\mathbf{r}, t)$ , wenn sowohl  $\mathbf{A}$  und  $\Phi$  als auch  $\mathbf{A}'$  und  $\Phi'$  der Lorentzbedingung genügen sollen? Wie lautet die Gleichung für  $\chi(\mathbf{r}, t)$  im Fall der Coulomb-Eichung?

**Aufgabe 21 (Strahlungsdruck)** (5 Punkte)

Eine transversale elektromagnetische Welle im Vakuum breite sich in  $z$ -Richtung aus. Berechnen Sie für die folgenden Wellentypen den Strahlungsdruck auf eine um den Winkel  $\theta$  gegen die Ausbreitungsrichtung  $\mathbf{k} = k\mathbf{e}_z$  geneigte Ebene:

- a) linear polarisierte Welle:  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(kz - \omega t)$   
b) zirkular polarisierte Welle:  $\mathbf{E} = E_0 (\cos(kz - \omega t)\mathbf{e}_x + \sin(kz - \omega t)\mathbf{e}_y)$

Betrachten Sie sowohl den Fall einer total absorbierenden als auch einer total reflektierenden Ebene. Der Strahlungsdruck entspricht dem Impulsübertrag auf die Fläche.