Institut für Theoretische Physik
der Universität zu Köln

Prof. Dr. Simon Trebst
Dr. Maria Hermanns

Klassische Theoretische Physik II

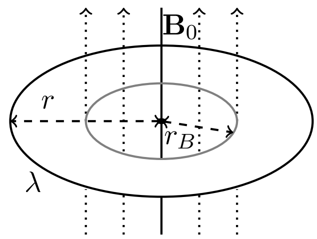
Blatt 1

WS 2013/14

Abgabe: Dienstag, den 22.10.2013 vor 10 Uhr in den Briefkästen vor dem Prüfungsamt
Besprechung: Donnerstag, den 24.10.2013 in den Übungsstunden
Website: http://www.thp.uni-koeln.de/trebst/Lectures/2013-KTP2.html

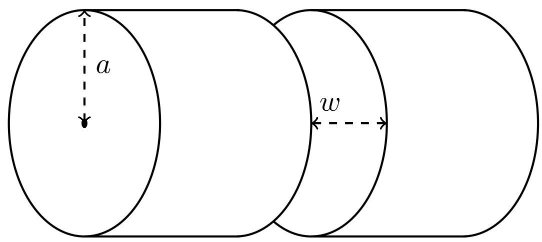
1. Rotierendes Rad *(4 Punkte)*

Am Außenrand eines ruhenden Rades mit Radius r sei eine Linienladungsdichte λ festgeklebt. Das Rad werde dann horizontal so aufgehängt, dass es sich frei drehen kann. Die Speichen bestehen aus einem nichtleitenden Material. In der Mitte des Rades bis zu einem Radius $r_B \leq r$ befinde sich ein homogenes Magnetfeld $\mathbf{B}_0$ in vertikaler Richtung. Nun werde das Magnetfeld abgeschaltet. Das anfangs ruhende Rad wird dadurch in Rotation versetzt. Warum? Bestimmen Sie den Drehimpuls des Rades nachdem das Magnetfeld verschwunden ist. Wie steht es mit der Drehimpulserhaltung?



2. Dickes Kabel *(4 Punkte)*

Ein dickes Kabel mit Radius a trage einen konstanten Strom I homogen auf das Kabel verteilt. Im Kabel sei eine kleine Lücke der Breite $w \ll a$, diese bilde einen Plattenkondensator. Wie verhält sich das Magnetfeld in der Lücke?



3. Kugelwellen *(4 Punkte)*

Ein skalares Potential gehorche folgender Wellengleichung:

$$\Delta\Psi = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\Psi$$

Machen Sie sich klar, dass es sich um eine isotrope Differentialgleichung handelt und verwenden Sie den Produktansatz $\Psi(r,\phi,\theta,t) = f(r)\, e^{i\omega t}$, um die Veränderlichen zu entkoppeln.
Beachten Sie, dass der Laplace-Operator in Kugelkoordinaten dargestellt werden kann als

$$\Delta = \Delta_r + \Delta_{\phi,\theta},$$

wobei $\Delta_r = \frac{1}{r}\frac{\partial^2}{\partial r^2} r$ und $\Delta_{\phi,\theta}$ nur Ableitungen in Richtung der Winkelvariablen enthält.

Lösen Sie nun die Differentialgleichung für $f(r)$.
(Hinweis: Substituieren Sie $f(r) = \frac{g(r)}{r}$)

4. Eindimensionale Wellengleichung *(4 Punkte)*

a) Transformieren Sie die eindimensionale Wellengleichung

$$\left(\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2}\right) u(x,t) = 0$$

auf Lichtkegelkoordinaten $\xi = x + ct,\ \eta = x - ct$ und zeigen Sie, dass die allgemeinste Lösung die Form

$$u(x,t) = f(x+ct) + g(x-ct)$$

hat. u, f, g seien zweimal stetig differenzierbar.

b) Wie sieht die explizite Lösung für eine zur Zeit $t = 0$ vorgebene Form $u(x,0) =: a(x)$ mit Geschwindigkeitsprofil $\dot{u}(x,0) =: b(x)$ aus?

c) Bestimmen Sie $u(x,t)$ zu den Anfangsbedingungen

1. $a(x) = \sin(kx)$, $b(x) = 0$,
2. $a(x) = \sin(kx)$, $b(x) = -c\,k\cos(kx)$,
3. $a(x) = \sin(kx)$, $b(x) = c\,k\cos(kx)$.