Theoretische Physik III (Lehramt)
- SoSe 2018 -

Übungsblatt 02

Ausgabe 25.04.18 – Abgabe 14.05.18 – Besprechung 15.05.2018

▷ Aufgabe 1 (Jungbrunnen Karussel) (2 Punkte)

"Wer Karussel fährt bleibt länger jung." Begründen Sie diese Alltagsweisheit physikalisch. Betrachten Sie also einen fiktiven Reisenden, der sich am Rand einer schnell rotierenden Kreisscheibe vom Radius R aufhält. Vom ruhenden Laborsystem aus beurteilt dauert eine Rundreise T_{lab}, entsprechend der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi/T_{\text{lab}}$. Der Reisende liest auf seiner mitgeführten Uhr als Zeit für eine Umdrehung T_{rot} ab. Berechnen Sie T_{rot} als Funktion von T_{lab}, und zeigen $T_{\text{rot}} \leq T_{\text{lab}}$, mit Gleichheit nur falls die Scheibe im Laborsystem ruht.

Hinweis: Approximieren Sie doch einfach die beschleunigte Bewegung des Reisenden durch einen stückweise gleichförmigen Polygonzug ...

▷ Aufgabe 2 Zeigen Sie dass $v_\alpha = \eta_{\alpha\beta} v^\beta$ kontragredient transformiert, $v_\alpha = v_{\alpha'} \Lambda^{\alpha'}{}_{\alpha}$.

▷ Aufgabe 3 (Dichten der fliegenden Punktladung) (3 Punkte)

Im Ruhesystem B' einer am Ort $\vec{r}'$ plazierten Punktladung e lauten Ladungs- und Stromdichte $\varrho'(\vec{x}', t') = e\delta^{(3)}(\vec{x} - \vec{r}')$, $\vec{j}'(\vec{x}', t') = 0$. Wie lauten Ladungs- und StSromdichte im Laborsystem B in dem sich die Punktladung mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}$ bewegt?

▷ Aufgabe 4 (Feld der gleichförmig bewegten Punktladung) (8 Punkte)

Eine Punktladung bewege sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang der x-Achse eines von Ihnen gewählten Koordinatensystem. Berechnen Sie das elektromagnetische Feld der Punktladung. Machen Sie sich ein Bild (etwa indem Sie Feldlinien oder Äquipotentialflächen zeichnen).

▷ Aufgabe 5 (Minimale Kopplung) (5 Punkte)

In der Vorlesung haben Sie die Hamiltonfunktion der Punktladung im elektromagnetischen Feld kennengelernt,

$$H(\vec{p}, \vec{r}) = \sqrt{m^2c^4 + c^2\left(\vec{p} - e\vec{A}\right)^2} + e\Phi\,, \tag{1}$$

wobei $\vec{A}$, Φ Potentiale vermittels derer $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$, $\vec{E} = -\vec{\nabla}\Phi - \partial\vec{A}/\partial t$.

(a) Leiten Sie aus der Hamiltonfunktion (1) die Bewegungsgleichung der Punktladung ab. (3 Punkte)

(b) Für viele Zwecke ausreichend ist der sog *nicht-rlativistische* Grenzfall $|\vec{v}| \ll c$. Zeigen Sie: im nichtrelativistischen Grenzfall ist (1 Punkt)

$$H = \frac{\left(\vec{p} - e\vec{A}\right)^2}{2m} + e\Phi\,. \tag{2}$$

mit den Bewegungsgleichungen (1 Punkt)

$$m\ddot{\vec{r}} = e\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right) . \tag{3}$$

▷ **Aufgabe 6**

Gemäß starkem Äquivalenzprinzip tragen alle an der Zusammensetzung eines Systems beteiligten Ruhemassen und Wechselwirkungsenergien gleichermaßen zur trägen wie zur schweren Masse bei.

Schätzen Sie die Beiträge der gravitativen Selbstenergie und der elektrodynamischen Bindungsenergie zur Masse der Erde ab.