

Theoretische Physik I

12. Übung

Wintersemester 18/19

Abgabe der Aufgaben 35 bis 38 bis Mittwoch, den 16.01.2019, 11:00 Uhr in den entsprechenden Briefkästen vorm Eingang des Instituts für Theoretische Physik.

Zur Diskussion

- Wie ist der relativistische Vierer-Impuls $p = (p_0, \vec{p})$ eines Teilchen definiert? Welche physikalische Bedeutung haben p_0 und \vec{p} ?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen relativistischer Energie E und Newtonscher kinetischer Energie $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ eines Teilchens?
- Was ist die Vierer-Geschwindigkeit u eines Teilchens? Wie lauten u_0 und u^2 ?
- Zeigen Sie die relativistische Energie-Impuls-Beziehung

$$\frac{E^2}{c^2} = m^2c^2 + |\vec{p}|^2$$

35 Vektoranalysis

3+5+2

- Bestimmen Sie $\operatorname{div}(\vec{r})$, $\operatorname{div}\left(\frac{\hat{r}}{r^2}\right)$ und $\operatorname{rot}(\vec{e}_z \times \vec{r})$.
- Bestimmen Sie direkt oder mittels Satz von Gauß folgende Flächenintegrale:

$$\int_{S_R(\vec{0})} \vec{r} d\vec{f}, \quad \int_{S_R(\vec{a})} \vec{r} d\vec{f}, \quad \int_{S_R(\vec{a})} \frac{\hat{r}}{r^2} d\vec{f} \quad \text{mit } |\vec{a}| > R,$$
$$\int_{\partial[0,1]^3} \vec{r} d\vec{f}, \quad \int_{\partial[1,2]^3} \frac{\hat{r}}{r^2} d\vec{f}.$$

Hierbei bezeichnet $S_R(\vec{a}) := \{\vec{r} \in \mathbb{R}^3 \mid |\vec{r} - \vec{a}| = R\}$ die Sphäre von Radius R mit Mittelpunkt \vec{a} im \mathbb{R}^3 .

- Bestimmen Sie mittels Satz von Stokes das Linienintegral

$$\int_{\mathcal{E}_{a,b}} (\vec{e}_z \times \vec{r}) d\vec{l},$$

wobei $\mathcal{E}_{a,b} = \left\{ \vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^3 \mid \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \right\}$ eine Ellipse mit Halbachsen a, b in der xy -Ebene bezeichnet.

36 Elektrisches Feld eines unendlich langen Zylinders **10**

Betrachten Sie einen unendlich langen Zylinder vom Radius R mit einer homogenen Volumenladungsdichte ρ . Benutzen Sie die aus der Vorlesung bekannten Methoden, um das elektrische Feld im Inneren und außerhalb des Zylinders zu berechnen.

37 Lorentztransformation und Pseudo-Skalarprodukt **2+3**

- a) Inertialsystem K' bewege sich relativ zu Inertialsystem K mit Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_1$. Zur Zeit $t = 0$ gelte $o' = o$. Wie lautet die entsprechende Lorentztransformation Λ ?
- b) Zeigen Sie explizit die Invarianz des Pseudo-Skalarprodukts (u, w) unter der speziellen Lorentztransformation aus a).

38 Inelastischer Stoß **5**

Zwei gleichschwere Teilchen (Masse jeweils m) stoßen mit genau entgegengesetzten Geschwindigkeiten (Geschwindigkeitsbetrag jeweils $0.9c$) zentral aufeinander und bilden ein einziges neues Teilchen der Masse M . Welche Geschwindigkeit hat das neue Teilchen und wie groß ist M ?