

Prof. Dr. Holger Stark
Johannes Blaschke, Alice von der Heydt, Benjamin Lingnau, Maria Zeitz,
Samuel Brem, Christopher Wächtler

11. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Mo. 18.01.2016 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

M Aufgabe 32: *Metrischer Tensor*

Berechnen Sie den metrischen Tensor des euklidischen Raums

- (i) in Zylinderkoordinaten
- (ii) in Kugelkoordinaten
- (iii) in folgenden krummlinigen Koordinaten:

$$\mathbf{r}(u, v, w) = \left(\frac{1}{u}, \frac{\tan v}{u}, w \right)^T$$

S Aufgabe 33 (4 Punkte): *Raumschiffe*

Drei Raumschiffe bewegen sich parallel geradlinig und gleichförmig durchs Weltall. Die drei mitbewegten Bezugssysteme seien gegeben durch Σ_1 , Σ_2 und Σ_3 , wobei sich Σ_2 gegenüber Σ_1 mit der Geschwindigkeit v_{21} und Σ_3 gegenüber Σ_2 mit der Geschwindigkeit v_{32} bewegt. Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit v_{31} , mit der sich Σ_3 gegenüber Σ_1 bewegt, durch

$$v_{31} = \frac{v_{21} + v_{32}}{1 + \frac{v_{21}v_{32}}{c^2}}$$

gegeben ist.

Die Darstellung der zugehörigen speziellen Lorentz-Transformationen als Matrizen bildet eine Matrizengruppe. Nutzen Sie diese Eigenschaft, um die gesuchte Geschwindigkeit zu bestimmen.

S Aufgabe 34 (8 Punkte): *Feldtransformationen*

Bestimmen Sie das Transformationsverhalten von \mathbf{E} und \mathbf{B} -Feld. Verwenden Sie dazu den aus der Vorlesung bekannten elektromagnetischen Feldstärketensor

$$\underline{\underline{F}} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{c}E_1 & \frac{1}{c}E_2 & \frac{1}{c}E_3 \\ -\frac{1}{c}E_1 & 0 & B_3 & -B_2 \\ -\frac{1}{c}E_2 & -B_3 & 0 & B_1 \\ -\frac{1}{c}E_3 & B_2 & -B_1 & 0 \end{pmatrix}$$

- Bestimmen Sie die resultierenden Felder \mathbf{E}' , \mathbf{B}' im Inertialsystem IS' , das sich bezüglich des Systems IS mit der Geschwindigkeit $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_x$ bewegt.
- Begründen Sie, warum die Beschränkung auf einen Geschwindigkeitsvektor in x -Richtung ausreicht, um auf die allgemeine Transformationsregeln zu schließen. Wie würden \mathbf{E} und \mathbf{B} bei beliebigem Geschwindigkeitsvektor $\mathbf{v} = v\mathbf{n}$ transformieren ($|\mathbf{n}| = 1$)?

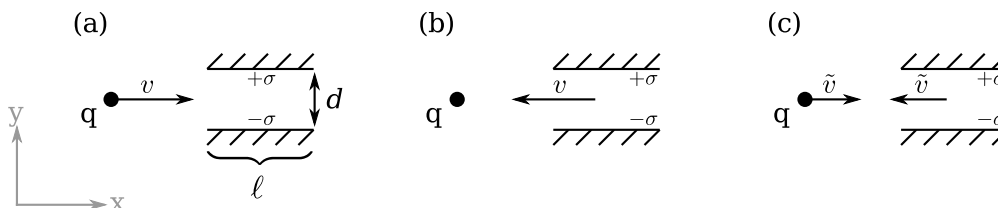
Hinweis: $\underline{\underline{F}}$ transformiert sich gemäß $F^{\alpha'\beta'} = L^{\alpha'}_{\alpha} L^{\beta'}_{\beta} F^{\alpha\beta}$.

Bitte Rückseite beachten! →

11. Übung TPIII WS 15/16

S Aufgabe 35 (8 Punkte): Relativistische Ladung

Eine Punktladung q bewegt sich durch einen im Laborsystem ruhenden Plattenkondensator mit der relativistischen Geschwindigkeit $v = (v_0, 0)^T$. Die Oberflächenladungsdichte der Kondensatorplatten betrage $\pm\sigma$, mit einem Plattenabstand d und einer Länge ℓ (Randeffekte seien im Folgenden vernachlässigt: $\mathbf{E} = \mathbf{B} = 0$ außerhalb des Kondensators).



- (a) Berechnen Sie im Laborsystem das elektrische Feld \mathbf{E} und das Magnetfeld \mathbf{B} , das auf das relativistische Teilchen q wirkt. Bestimmen Sie dessen Geschwindigkeitskomponente v_y in y -Richtung nach Durchlaufen des Kondensators.
- (b) Berechnen Sie im mitbewegten Bezugssystem der Ladung das elektrische Feld \mathbf{E}' und das Magnetfeld \mathbf{B}' , das auf q wirkt. (Das Teilchen ist hier also in Ruhe.) Bestimmen Sie dessen Geschwindigkeitskomponente v_y in y -Richtung nach Durchlaufen des Kondensators.
- (c) Wir befinden uns nun in einem bewegten Bezugssystem, in dem die Ladung und der Kondensator sich jeweils mit der Geschwindigkeit \tilde{v} aufeinander zu bewegen. Bestimmen Sie \tilde{v} .
Hinweis: $\tilde{v} \neq \frac{v}{2}$!

Berechnen Sie das elektrische Feld $\tilde{\mathbf{E}}$ und das Magnetfeld $\tilde{\mathbf{B}}$, das auf q wirkt. Bestimmen Sie dessen Geschwindigkeitskomponente v_y in y -Richtung nach Durchlaufen des Kondensators.

Hinweis: Beachten Sie Zeitdilatation und Längenkontraktion. Nehmen Sie an, dass $v_y \ll c$.

Zum Übungsbetrieb: Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

	Mo	Di	Mi	Do	Fr
08-10					EW 203 HS
10-12				EB 133C AH/MZ	BH-N 333 BL/JB
12-14	ER 164 CW	H 3012 SB	EW 203 HS		
14-16			H 1029 CW		
16-18			BH-N 333 SB		

Sprechstunden			
HS	Prof. Dr. Holger Stark	Fr 11:30–12:00	EW 709
AH	Alice von der Heydt	Do 13–14	EW 266
BL	Benjamin Lingnau	Di 14–15	EW 629
CW	Christopher Wächtler	Mo 14–15	EW 060
JB	Johannes Blaschke	Do 10–11	EW 708
MZ	Maria Zeitz	Mi 10–11	EW 702
SB	Samuel Brem	Di 11–12	EW 060