

Theoretische Physik III (Lehramt) - SoSe 2018 -

Übungsblatt 01

Ausgabe 10.04.18 – Abgabe 18.04.18 – Besprechung 18.04.18

▷ Aufgabe 1

Wie drückt sich der Abstand dl zweier benachbarter Punkte P und Q im drei-dimensionalen Euklidischen Raum aus

- (a) in Kartesischen Koordinaten x, y, z (wo P die Koordianten (x_P, y_P, z_P) und Q die Koordinaten $(x_P + dx, y_P + dy, z_P + dz)$ mit “kleinen” dx, dy, dz)?
- (b) in Zylinderkoordinaten ρ, φ, z' ?¹
- (c) in Kugelkoordinaten r, ϑ, φ ?²

Bringen Sie ihre Antwort in die Form $dl^2 = g_{ij}d\xi^i d\xi^j$ (Einstein'sche Summenkonvention!), wo $\xi^i, i = 1, 2, 3$, die fraglichen Koordinaten, und lesen Sie die “Komponenten des metrischen Tensors eines Euklidischen Raumes in ξ -Koordinaten” ab.

▷ Aufgabe 2 (Gute Zeiten Schlechte Zeiten)

“Time is defined so that motion looks simple” (Misner, Thorne, Wheeler, in: *Gravitation*).

Ihr Freund Hyper Bolikus ist verzweifelt. Bei seinen zahlreichen Experimenten zur Bewegung kräftefreier Teilchen findet er immer wieder bestätigt, dass die Teilchen der Bewegungsgleichung

$$m \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + m \frac{t}{1-t^2} \frac{dr(t)}{dt} = 0 \quad (1)$$

genügen. Er versichert Ihnen, dass sich sein Bezugssystem gegenüber dem Ihren nicht bewegt. Wie können Sie Ihrem Freund helfen?

Hinweis: Möglicherweise benutzt ihr Freund eine “komische Uhr”. Schließlich hat er auch einen komischen Namen ...

▷ Aufgabe 3

Die diversen Komponenten f einer elektromagnetischen Welle im Vakuum genügen einer Wellengleichung vom Typ $\left(\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta\right) f = 0$. Bestimmen Sie das Transformationsverhalten des D'Alembert Differentialoperators $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta$ unter einer Galileitransformation

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t. \quad (2)$$

Schließen Sie, dass die Elektrodynamik nicht Galilei-invariant.

¹Der Kartenwechsel von Zylinderkoordinaten zu kartesischen Koordinaten wird beschrieben $x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi, z = z'$

²Der Kartenwechsel von Kugelkoordinaten zu kartesischen Koordinaten wird beschrieben $x = r \cos \varphi \sin \vartheta, y = r \sin \varphi \sin \vartheta, z = r \cos \vartheta$.

▷ **Aufgabe 4 (Gleichzeitigkeit als Äquivalenzrelation)** (4 Punkte)

Sie erinnern sich: zwei “Blitz-Ereignisse” heißen gleichzeitig, wenn sich die Lichtfronten der beiden Blitze in der geometrischen Mitte der beiden Emissionsorte treffen. Zeigen Sie, dass Gleichzeitigkeit eine Äquivalenzrelation: Ist A gleichzeitig mit B und B gleichzeitig mit C , dann sind auch A und C gleichzeitig.

Hinweis: Vertrackt wird die Sache dadurch, dass Sie zunächst nur eine Uhr haben, und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit über Rundreisen konstatiert wird.

▷ **Aufgabe 5 (Sekt an Sylvester)**

Am 01. Jan. 2010 um 00:00h MEZ (Mitteleuropäische Zeit) knallten in Paris und Potsdam gleichzeitig die Sektkorken. Vom Flugzeug aus beurteilt, das Sie von New York nach Moskau brachte,

- gingen die Korken in Paris früher als in Potsdam hoch
- gingen die Korken in Paris später als in Potsdam hoch
- gingen die Korken in Paris und Potsdam zur gleichen Zeit hoch

Ergänzen Sie Ihre Antwort durch ein aussagekräftiges Minkowskidiagramm.

▷ **Aufgabe 6 (Freie Fahrt für Freie Bürger)**

Um das Parken im Berliner Innenstadtbereich zu erleichtern macht einer Ihrer Berliner Kollegen dem Berliner Senat den Vorschlag, die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 99% der Lichtgeschwindigkeit anzuheben. “Schnelle Autos sind wegen der Lorentz-Kontraktion kürzer”, argumentiert ihr Kollege, “und passen daher in kleinere Parklücken”. Die Regierungskoalition ist von der wissenschaftlichen Argumentation begeistert. Sie empfehlen, den Hochschulhaushalt um 100% aufzustocken und ihren Kollegen als Berater zu entpflichten. Warum?