

Blatt 4

vom 29.04.2016, Abgabe am 06.05.2016 in der Vorlesung

11) Raumschiff und Raketen (schriftlich) (2+2=4 Punkte)

- i. Betrachte ein Raumschiff, das sich im Ruhesystem der Erde mit $0.9c$ bewegt. Um sich zu verteidigen, kann das Raumschiff Raketen abfeuern. Berechne im System der Erde die Geschwindigkeit einer Rakete die vom Raumschiff mit $0.9c$ in Flugrichtung abgefeuert wurde. Das Ruhesystem der Erde kann hierbei als Inertialsystem betrachtet werden.
- ii. Führe die Rechnung für den Fall durch, in dem die Rakete orthogonal zur Flugrichtung abgefeuert wird. Gib hierbei beide Geschwindigkeitskomponenten und den Absolutbetrag der Geschwindigkeit an.

12) Längenkontraktion (schriftlich) (3+1+2=6 Punkte)

- i. Ein Wissenschaftler will die Canis-Major-Galaxie besuchen, welche 25000 Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Während der Reise will er die neueste Staffel "The Big Bang Theory" zu Ende ansehen, sodass die letzte Folge genau bei seiner Ankunft endet. Zu Beginn der Reise hat er bereits alle Folgen bis auf die letzten 5 gesehen (eine Folge hat eine Laufzeit von ungefähr 20 Minuten). Mit welcher Geschwindigkeit sollte er reisen?
- ii. Wie viele Staffeln werden im Fernsehen ausgestrahlt bis er zur Erde zurückkehrt? Hierbei soll angenommen werden, dass pro Jahr eine Staffel erscheint und der Wissenschaftler bei Hin- und Rückreise mit der selben Geschwindigkeit fliegt.
- iii. Währenddessen bäckt ein Bäcker auf der Erde Kekse. Da er sie sehr schnell herstellen will, wird der Teig auf ein Förderband gelegt, das sich mit einer Geschwindigkeit von $\sqrt{3}/2 c$ bewegt. Während sich der Teig auf dem Förderband befindet bringt er ihn in eine aus seiner Sicht runde Form. Beschreibe die Form der Kekse in deren System quantitativ.

13) Kausalität (mündlich) (2+2+1+2=7 Punkte)

- i. Der Abstand zwischen zwei Ereignissen A und B sei raumartig, d.h. $(x_A^\mu - x_B^\mu)(x_{A,\mu} - x_{B,\mu}) < 0$. Zeige, dass es Inertialsysteme gibt, in denen A vor B stattfindet, ebenso wie Inertialsysteme in denen B vor A stattfindet.
- ii. Der Abstand zwischen zwei Ereignissen A und B sei zeitartig, d.h. $(x_A^\mu - x_B^\mu)(x_{A,\mu} - x_{B,\mu}) > 0$ mit $x_A^0 < x_B^0$. Zeige, dass in jedem Inertialsystem A vor B stattfindet.
- iii. Erkläre, weshalb man sagt, dass die Ereignisse im ersten Fall nicht kausal zusammenhängen und im zweiten Fall kausal zusammenhängen können.
- iv. Beschreibe wie ein Beobachter, der mit konstanter Geschwindigkeit von A nach B mit $(x_A^\mu - x_B^\mu)(x_{A,\mu} - x_{B,\mu}) = 0$ reist, das Universum sieht.

14) Fotografie eines schnell bewegten Objekts (mündlich) (1+2=3 Punkte)

Du fotografierst das Drahtgestell eines weit entfernten Würfels (jede Kante wird von einer dünnen Stange gebildet, d.h. insgesamt 12 Stangen). Der Würfel ist so weit entfernt, dass alle vom Würfel ausgesendeten bzw. reflektierten Photonen die Kamera unter dem gleichen Winkel erreichen. Der Würfel ist entlang der Koordinatenachsen ausgerichtet, ebenso wie die Kamera (Blickrichtung in y -Richtung).

- i. Wie sieht das Foto aus, wenn der Würfel relativ zur Kamera ruht?
- ii. Wie sieht das Foto aus, wenn sich der Würfel mit Geschwindigkeit $v = \beta c$ in x -Richtung bewegt? Fertige maßstabsgetreue Skizzen an.

Hinweis: Beachte bei ii) nicht nur den Effekt der Längenkontraktion sondern auch die Tatsache, dass sich Photonen mit der endlichen Lichtgeschwindigkeit bewegen. Nimm dabei an, dass die Belichtungszeit infinitesimal klein ist (also das Bild scharf ist).