

# THEORETISCHE PHYSIK 2 - MECHANIK

SOMMERSEMESTER 2022 – PROF. MARC WAGNER

MARTIN PFLAUMER: pflaumer@itp.uni-frankfurt.de

## Aufgabenblatt 4

vom 06.05.22, Abgabe am 13.05.22, Besprechung in der Woche vom 16.05.22

### Aufgabe 1 [Längenkontraktion]

(3+1+2=6 Pkt.)

- (a) Ein Wissenschaftler will die Canis-Major-Galaxie besuchen, welche 25000 Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Während der Reise will er die neueste Staffel von “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?  
*Hinweis: Es ist zweckmäßig, vor dem Einsetzen der Werte den finalen Ausdruck für  $v$  durch eine Taylor-Entwicklung bis zur 1. Ordnung in einem geeigneten kleinen Parameter zu nähern.*
- (b) Wie viele Staffeln werden im Fernsehen ausgestrahlt, bevor 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.
- (c) Auf der Erde hat währenddessen ein Bäcker ein Turbo-Produktionsband für die Produktion seiner Kekse entwickelt. Der Teig befindet sich hierbei auf einem Förderband, das sich mit einer Geschwindigkeit von  $\sqrt{3}/2 c$  bewegt. Während sich der Teig auf dem Förderband befindet, bringt der Bäcker ihn in eine aus seiner Sicht runde Form. Beschreibe die Form der Kekse in deren System quantitativ.

### Aufgabe 2 [Garagen-Paradoxon]

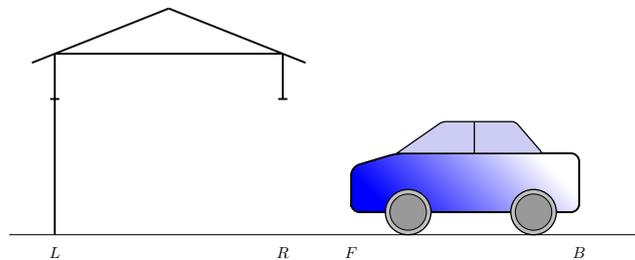
(3+4=7 Pkt.)

Captain Kirk möchte testen, ob sein Hyper-Sportwagen in seine Garage passt. Die Garage ist sowohl an der Vorder- wie auch an der Hinterseite mit einem automatischen Tor ausgestattet, das sich mithilfe eines Bewegungssensors vor bzw. nach der Durchfahrt automatisch öffnet bzw. schließt (siehe Abbildung). Sowohl der Sportwagen wie auch die Garage haben eine Länge  $X$ . Kirk fährt bei seinem Test mit der konstanten Geschwindigkeit  $v = 4/5c$  durch seine Garage.

- (a) Passt der Wagen komplett in die Garage (d.h. sind zu einem Zeitpunkt beide Tore geschlossen und ist der Wagen dabei im Garageninneren)? Betrachte hierzu sowohl das System des Sportwagens wie auch das System der Garage. Was fällt dir auf?
- (b) Betrachte nun ein Raumzeitdiagramm, um deine Beobachtung zu erklären. Gehe dazu folgendermaßen vor:

- (i) Zeichne sowohl das System  $\Sigma$  der Garage wie auch das System  $\Sigma'$  des Wagens in ein gemeinsames Koordinatensystem.
- (ii) Die Punkte  $L$  und  $R$  (Anfang und Ende der Garage) sind im System  $\Sigma$  ortsfest, die Punkte  $F$  und  $B$  (Anfang und Ende des Wagens) im System  $\Sigma'$ . Zeichne für jeden dieser 4 Punkte die zugehörige Weltlinie ein.
- (iii) Die Schnittpunkte der Geraden geben an, wann die entsprechen Punkte die gleiche räumliche Position haben. Der Schnittpunkt von  $R$  und  $F$  entspricht z.B. dem Ereignis, bei dem die Front des Wagens in die Garage fährt. Betrachte das Auftreten dieser 4 Schnittpunkte im zeitlichen Verlauf sowohl im System  $\Sigma$  wie auch im System  $\Sigma'$ . Was fällt dir auf? Erkläre hiermit dein Ergebnis aus (a).

*Hinweis: Bei dieser Aufgabe ist ein sorgfältiges Zeichnen notwendig, um das korrekte Ergebnis zu erhalten.*



### Aufgabe 3 [Alternde Zwillinge]

(2+3+2=7 Pkt.)

Zwei gleichaltrige Geschwister verbringen die ersten 20 Jahre ihres Lebens auf der Erde. Dann reist die Schwester mit einem mit Geschwindigkeit  $v = \beta c$  fliegenden Raumschiff zu einem 20 Lichtjahre entfernten Sonnensystem, wo sie 10 Jahre verbringt und dann wieder mit ihrem Raumschiff Richtung Erde zurückfliegt. Der Bruder bleibt währenddessen bis zu seinem 50-ten Lebensjahr auf der Erde zurück, beschließt dann aber, seine Schwester zu besuchen und nimmt ebenfalls mit einem mit Geschwindigkeit  $v = \beta c$  fliegenden Raumschiff Kurs auf das Sonnensystem, zu dem seine Schwester vor (aus seiner Sicht) 30 Jahren aufgebrochen ist.

- (a) Skizziere die Weltlinien der Schwester und des Bruders im Inertialsystem der Erde.
- (b) Wo und wann (im Inertialsystem der Erde) treffen sich Schwester und Bruder wieder? Wie alt sind sie jeweils? Stelle zunächst allgemeine Formeln für beliebige  $v$  auf. Setze dann konkret  $\beta = 4/5$  ein.
- (c) Wir nehmen nun an, dass das Raumschiff mit  $v = c$  reist. Gib quantitativ und detailliert den Alterungsprozess der Schwester aus Sicht des Bruders und umgekehrt auch den Alterungsprozess des Bruders aus Sicht der Schwester jeweils bis zu dessen/deren 60-tem Lebensjahr an.