

## Übungen zum EF Physik des 20. Jahrhunderts

### Serie 5: Aufgaben zur Längenkontraktion

#### 1. Ein Flug zum Zentrum der Galaxis

Von der Erde aus gesehen beträgt die Distanz zum Zentrum der Milchstrasse ca. 30 000 Lichtjahre.

- Wie lange braucht das Licht um diese Distanz zurückzulegen?
- Nun fliege ein Raumschiff, das in Richtung Zentrum der Milchstrasse unterwegs ist, mit 99.9% der Lichtgeschwindigkeit an uns vorbei.  
Wie lange braucht dieses Raumschiff aus unserer Sicht, bis es das Zentrum der Milchstrasse erreicht?
- Wie viel Zeit vergeht im Raumschiff während dieser Reise?
- Wie kann es sein, dass im Raumschiff so wenig Zeit vergeht und diese Zeit trotzdem ausreicht, um das Zentrum der Milchstrasse zu erreichen? Müsste es da nicht mit Überlichtgeschwindigkeit unterwegs sein?
- Wie lange ist die Strecke "Erde – Zentrum der Milchstrasse" aus der Sicht des Raumschiffs?

#### 2. Vorbereitung des "Limousinen-Garage-Paradoxons"

Eine Stretch-Limousine der Eigenlänge 13 m bewege sich mit hoher Geschwindigkeit auf eine Garage mit Eigenlänge 12 m zu.

Das Paradoxon: *Im Garagensystem wird die schnell fahrende Limousine längenkontrahiert und passt somit in die Garage. Im Limousinensystem erscheint hingegen die Garage verkürzt und ist somit ganz definitiv zu klein für die Limousine. . .*

Wir werden dieses Paradoxon (= scheinbarer Widerspruch) zu gegebener Zeit zu vollster Zufriedenheit auflösen. Im Moment geht es nur darum, dass wir es uns rechnerisch ein wenig aufdröseln.

- Wie schnell muss die Limousine fahren, damit sie aus der Sicht der Garage in diese hinein passt.
- Wie schnell muss die Limousine fahren, damit aus ihrer Sicht die Garage nur noch 7.2 m lang ist?
- Nun sei die Limousine aus Sicht der Garage mit 60% der Lichtgeschwindigkeit unterwegs. Wie viel Zeit vergeht, bis sie die Garage durchquert hat?  
**Hinweis:** Die Durchquerung beginnt, wenn die Spitze der Limousine in die Garage einfährt, und endet, wenn das Ende der Limousine die Garage verlässt.
- Berechne die diesem Vorgang entsprechende Zeitspanne im Limousinensystem.
- Sind die beiden Zeitwerte aus (c) und (d) via Zeitdilatation miteinander verknüpft?

#### 3. Verformung eines Rechtecks

Ein Rechteck hat die Seitenlängen  $a = 6$  cm und  $b = 4$  cm und ist um  $\theta = 20^\circ$  zur  $x$ -Achse geneigt.

Nun bewege sich das Rechteck mit einer derart hohen Geschwindigkeit  $v$  parallel zur  $x$ -Achse, dass  $\gamma = 2$  ist.

- Konstruiere, wie das Rechteck aufgrund der Längenkontraktion zu einem Parallelogramm verformt wird.
- Berechne die Fläche des Parallelogramms.
- Zeige allgemein, dass das bewegte Parallelogramm die Fläche  $\frac{ab}{\gamma}$  besitzt.

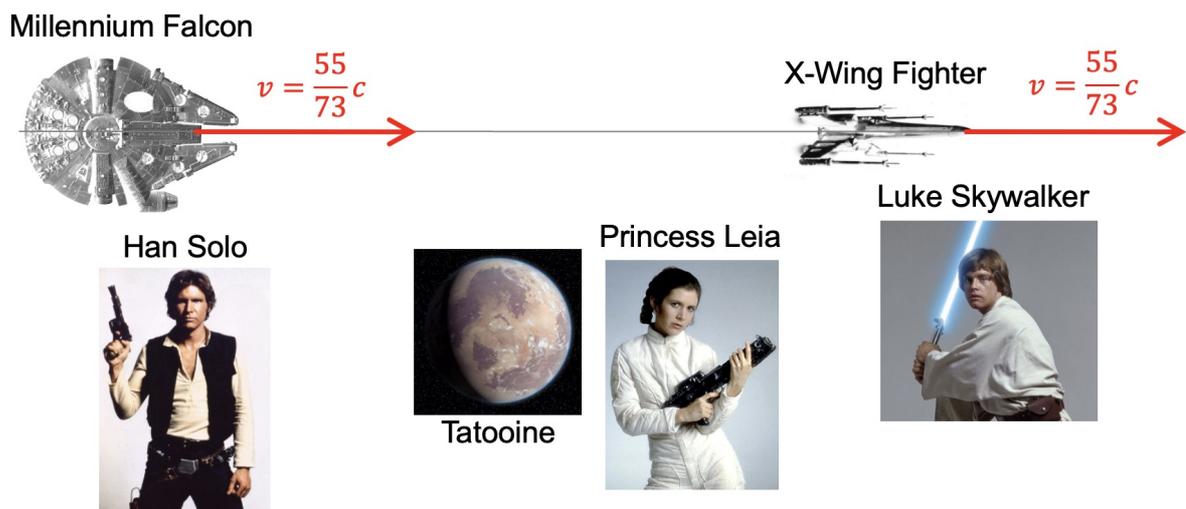
#### 4. Längenkontraktion in der Radarkontrolle



Ein Lincoln Continental ist in Ruhe doppelt so lang wie ein VW Käfer. Während der Continental den VW in einer Radarfalle überholt, beobachtet ein (stationärer) Polizist, dass beide Wagen gleich lang sind. Der VW Käfer fährt mit halber Lichtgeschwindigkeit. Wie schnell fährt der Lincoln Continental?

#### 5. Star Wars

Vom Planeten *Tatooine* aus beobachtet *Prinzessin Leia*, wie *Luke Skywalker* vor *Han Solo* herfliegt:



Beide besitzen im System des Planeten *Tatooine* eine Geschwindigkeit von  $\frac{55}{73}c$  und sind 480 000 km voneinander entfernt. In ihrem gemeinsamen Eigensystem verfügen die Raumschiffe (*X-Wing Fighter* und *Millennium Falcon*) über synchronisierte Uhren. Zur Kontrolle der gemeinsamen Bewegung läuft zwischen ihnen ständig ein Radarimpuls mit der Geschwindigkeit  $c$  hin und her.

- Welche Zeit verstreicht aus *Lukes* Sicht vom einen bis zum nächsten auszusendenden Radarimpuls?
- In welche Richtung ist der Radarimpuls im System des Planeten länger unterwegs, von *Han* zu *Luke* oder umgekehrt? Gib eine rein qualitative Begründung mit Worten oder einem Diagramm.
- Welche Zeit verstreicht im System des Planeten jeweils, bis der *X-Wing Fighter* den nächsten Radarimpuls aussendet?