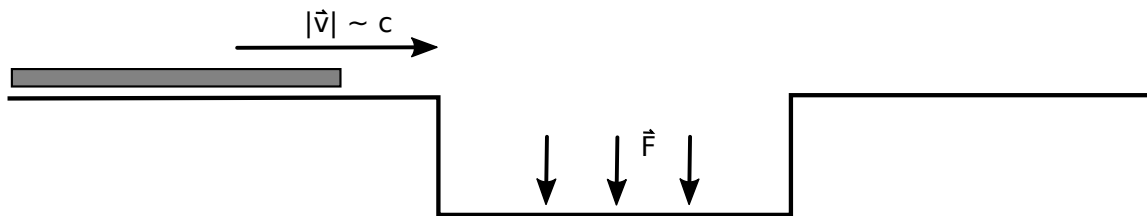


Übungen zu Integrierter Kurs III (Experimentaltteil)

Blatt 10

Aufgabe 25: Relativistisches Paradoxon (mündlich, 1 Kreuzchen)



Gegeben sei ein Graben mit einer Falltüre mit einer Länge von 1 m (gemessen im Ruhesystem) und ein Stab, der ebenfalls in Ruhe eine Länge von 1 m hat. Sobald der Stab sich auf die Falltüre bewegt, öffnet sich diese, sodass der Stab in den Graben fallen kann. Angenommen wird hierzu eine starke (elektromagnetische) attraktive Wechselwirkung. Der Stab bewegt sich nun in Richtung seiner langen Achse mit annähernd Lichtgeschwindigkeit auf den Graben zu, sodass relativistische Effekte, wie die Längenkontraktion, eine Rolle spielen.

Es ergibt sich nun scheinbar folgender Widerspruch: Aus Sicht eines Beobachters der am Graben steht, wird der Stab kontrahiert, während der Graben mit der Falltüre seine ursprüngliche Ausdehnung von 1 m behält. Der Stab kann also nun durch die Falltüre fallen. Aus der Sicht eines Beobachters, der sich mit dem Stab bewegt, erscheint jedoch der Graben und die Falltüre stark verkürzt, während der Stab seine ursprüngliche Länge behält, sodass dieser eigentlich nicht in den Graben fallen kann.

Wie ist dieser Widerspruch aufzulösen?

Aufgabe 26: Relativistische Elektronen (mündlich, 1 Kreuzchen)

Ein Elektron hat die Ruhemasse $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg und wird nun durch ein elektrisches Feld beschleunigt.

- Bei welcher Geschwindigkeit entspricht die Masse eines Elektron der doppelten Ruhemasse?
- Welche Beschleunigungsspannung muss hierzu vorliegen?
- Berechnen Sie die Beschleunigungsspannung, Masse und kinetische Energie eines Elektrons, das auf 99% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wurde.

- d) Bei kleinen Geschwindigkeiten ist die relativistische Massenzunahme zu vernachlässigen. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten bei denen die Abweichung zum klassischen Fall gerade 1%, 5% und 10% beträgt. Zeichnen Sie einen Graph, der die Masse abhängig zur Geschwindigkeit des Elektrons veranschaulicht.

Aufgabe 27: Dopplereffekt (schriftlich, 10 Punkte)

Gegeben sei ein Auto, das mit einer Geschwindigkeit $v \ll c$ auf eine Ampel zufährt. Das Auto besitzt eine Sirene, die akustische Wellen der Frequenz f emittiert. An der Ampel steht ein Beobachter.

- a) Warum nimmt der Beobachter beim Vorbeifahren des Fahrzeugs unterschiedliche Frequenzen wahr? Ändert sich etwas, wenn die Sirene an der Ampel steht und der Autofahrer die Rolle des Beobachters einnimmt und auf die Sirene zufährt?

Das Fahrzeug besitzt nun eine deutlich höhere Geschwindigkeit v , sodass relativistische Effekte eine Rolle spielen. Der Autofahrer sieht nun eine Veränderung der Wellenlänge λ des Lichts der Ampel.

- b) Leiten Sie einen Ausdruck her, der die wahrgenommene Wellenlänge des Lichts in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit v darstellt. Überlegen Sie sich hierzu wie der Autofahrer den zeitlichen Unterschied zwischen zwei Wellenbergen einer ebenen, monochromatischen Welle wahrnimmt.
- c) Ändert sich an dem Ausdruck in b) etwas, wenn sich die Ampel mit der gleichen Geschwindigkeit auf das ruhende Auto zu bewegt? Warum?
- d) Diskutieren Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem klassischen und relativistischen Dopplereffekt.
- e) Berechnen Sie die Geschwindigkeit, die das Auto besitzen muss, damit eine rote Ampel grün erscheint.

In der Astrophysik spielt der Dopplereffekt eine entscheidene Rolle um Geschwindigkeiten von Galaxien und Staubwolken zu bestimmen. Hierzu werden durch Spektroskopie die Verschiebung von Spektrallinien vermessen.

Es soll nun die Geschwindigkeit einer kosmischen Gaswolke aus Natrium-Atomen bestimmt werden. Eine Spektrallinie von Natrium liegt bei 589 nm. Die Doppler-verschobene Spektrallinie der Gaswolke wird bei 650 nm gemessen.

- f) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich die Gaswolke relativ zum Beobachter?
- g) Man spricht in der Astrophysik ebenfalls oft von einer (kosmologischen) Rotverschiebung. Ist diese Rotverschiebung auf den (relativistischen) Dopplereffekt zurückzuführen oder ist ein anderer Effekt die Ursache dafür? Wenn ja, welcher?