

1) Zeitdilatation (2)

Ein Astronaut synchronisiert, unmittelbar vor seinem Abflug von der Erde, seine Uhr mit der eines Freundes, der auf der Erde zurückbleibt ($t_1 = t'_1 = 0$). Nach einer (zeitlich zu vernachlässigenden) Beschleunigungsphase bewegt sich das Raumschiff mit der Geschwindigkeit v relativ zur Erde. Der auf der Erde zurückgebliebene Freund (und Astronom) beobachtet nach geraumer Zeit beide Uhren simultan, seine Uhr direkt (t_2), die Uhr des Astronauten durch ein Teleskop (t'_2). Was liest der Astronom für seine Uhr (t'_2) ab, wenn er für die Uhr im Raumschiff (t'_2) 1 Stunde abliest?

2) Dopplereffekt (1 + 1 + 2)

Eine ruhende Lichtquelle befindet sich im Bezugssystem S an der Position $x = 0$ und emittiert zwei Lichtpulse ($P_1; P_2$) zu den Zeiten ($t_1 = 0; t_2 = t$). Ein anderes System S' bewege sich bezüglich des Bezugssystems S mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v} = v \cdot \vec{e}_x$. Ein Beobachter im System S' empfange den Puls P_1 zur Zeit $t' = 0$ am Ort $x' = 0$.

- Berechnen sie die Zeit t' zwischen dem Empfang der beiden Pulse am Ort $x' = 0$ als Funktion von t und $\beta = v/c$.
- Beschreiben sie mit Hilfe des Ergebnisses aus a) den longitudinalen Dopplereffekt. Berechnen sie dazu I' als Funktion von $I = c \cdot t$ und β , wobei I und I' die Vakuumwellenlängen des Lichts beschreiben, wie sie in S und S' gemessen werden.
- Berechnen sie in einer Näherung mit erster und zweiter Ordnung in β (d.h. bis β^2) die Dopplerverschiebung der H_β Emissionslinie ($I = 486,13\text{nm}$) für Protonen, die durch ein elektrisches Potential von $2 \cdot 10^4\text{V}$ beschleunigt wurden, also eine kinetische Energie von $E_{kin} = 2 \cdot 10^4\text{eV}$ besitzen. Die H_β Linie entsteht beim Einfang eines Elektrons durch ein positiv geladenes Wasserstoff-Ion (Proton, Ruhemasse $m(H^+) \approx 1,673 \cdot 10^{-27}\text{kg} \hat{=} 936 \cdot 10^6\text{eV}/c^2$). Setzen sie voraus, dass die Emission nach der Beschleunigung erfolgt, wenn sich das Proton mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Nehmen sie weiter an, dass die optische Achse zum Nachweis des Lichts parallel zur Bewegung der Protonen ist.

3) Masse und Feder (2 + 1)

Eine Masse von 20g hängt an einer masselosen Feder und dehnt sie dadurch um 6cm aus.

- Geben sie die Lage der Masse zu beliebiger Zeit an, wenn sie zur Zeit $t = 0$ um 2cm herabgezogen und losgelassen wurde. Geben sie Amplitude, Periode und Frequenz der Schwingung an.
- Lösen sie die Aufgabe a) unter der Annahme, dass das Gewicht zur Zeit $t = 0$ um 3cm herabgezogen war und mit der Geschwindigkeit $v = 2\text{cm/s}$ abwärts geschleudert wurde.