

Achtung: Bei vielen Aufgaben ist es sinnvoll, Näherungsformeln zu benutzen!

1. Jemand packt eine Atomuhr ins Auto und fährt nonstop mit $200 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ immer geradeaus von München nach Hamburg (600 km). Um wieviel bleibt seine Uhr gegenüber einer mit München synchronisierten Hamburger Uhr zurück?
2. Der nächste Fixstern ist Alpha-Centauri am südlichen Sternenhimmel. Seine Entfernung beträgt ca. 4,5 Lichtjahre.
 - (a) Wie lange bräuchte ein Raumschiff, um zu diesem Stern zu gelangen, wenn seine Geschwindigkeit $v = 0,5c$ beträgt?
Wer dabei „physikalische Bauchschmerzen“ durch die Beschleunigungsphase bekommt, denke sich ein Raumschiff, das an der Erde auf dem Weg zu Alpha-Centauri vorbei fliegt.
 - (b) Wie lange würde der Flug für die Astronauten an Bord des Raumschiffes dauern?
 - (c) Welche Geschwindigkeit müsste das Raumschiff haben, damit für die Besatzung nur zwei Jahre vergehen?
3. Ein Autorennen dauert eine Stunde. Es wird dabei mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 280 km/h gefahren.
 - (a) Um wieviel ist ein Rennfahrer am Ende des Rennens weniger gealtert als die Zuschauer auf den Rängen (Beschleunigungseffekte sollen nicht beachtet werden)?
 - (b) Ist der entstehende Zeitunterschied zwischen der Borduhr und den ruhenden Uhren der Zeitnehmung experimentell messbar, wenn die Uhrengenauigkeit $\Delta t/t = 10^{-14}$ beträgt und die kleinste messbare Zeitspanne 0,1 ns ist?
4. Ein Astronaut tritt mit 25 Jahren eine Weltraumreise an, die ihn mit $v = (12/13)c$ durch das All führt. Bei der Rückkehr ist sein Zwillingbruder 69 Jahre alt. Wie alt ist der Astronaut (Beschleunigungseffekte nicht beachten, d.h. einfach so rechnen, als läge immer ein Inertialsystem ohne Richtungswechsel vor)?
5. In einem Linearbeschleuniger wird ein Elektron auf die Geschwindigkeit $v = 0,6c$ beschleunigt. Anschließend durchfliegt es mit konstanter Geschwindigkeit eine Strecke $\overline{AB}$ von 9 m Länge.
 - (a) Wie lange benötigt das Elektron, um diese Strecke zu durchfliegen?
 - (b) Wie lang ist die Strecke im Ruhesystem des Elektrons?
 - (c) Welche Zeit vergeht im Ruhesystem des Elektrons, bis die Strecke vorbeigeflogen ist?
6. Myonen werden in 20 km Höhe durch die Höhenstrahlung erzeugt. Mit der Geschwindigkeit $v = 0,9998c$ fliegen sie auf die Erde zu. Wie stark ist im Ruhesystem der Myonen die Höhe $H = 20 \text{ km}$ kontrahiert?

7. Im Europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf, dass schon so alt wie dein Physiklehrer ist, wurde 1959 ein Experiment mit Myonen durchgeführt. Dabei konnte die Vorhersage der Relativitätstheorie mit einer Messgenauigkeit von 0,1% bestätigt werden. Bei ruhenden Myonen fand man die Halbwertszeit $\tau_0 = 1,52 \mu s$. Ließ man die Myonen in einem Speicherring kreisen, so fand man für die bewegten Myonen die Halbwertszeit $\tau_1 = 44,6 \mu s$. Wie schnell kreisten die Myonen in dem Speicherring (Gib v in der Einheit c an.)?
8. Eine Atomuhr wird in einem Überschallflugzeug mit 3-facher Schallgeschwindigkeit einmal um die Erde (Erdumfang $U \approx 40\,000 \text{ km}$) transportiert. Welche Zeitdifferenz ist nach dem Flug gegenüber Uhren auf der Erde zu erwarten? (Das erste derartige Experiment wurde im Jahre 1971 von den beiden amerikanischen Physikern Joseph Hafele und Richard Keating durchgeführt.)
9. Albert Zweistein behauptet : „Bewegt sich eine Uhr an meiner in meinem Inertialsystem ruhenden Uhr vorbei, so geht sie im Vergleich zu dieser langsamer.“ Kritisiere diese Aussage!

Näherungen :

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} &\approx 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \\ \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} &\approx 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \end{aligned} \right\} \text{ für } v \ll c.$$

Exakt : $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$