

Übungsblatt 1

Relativitätstheorie II

Sommersemester 2023
Fakultät für Physik, Universität Stuttgart
Prof. Dr. R. Hilfer

Aufgabe 1)

In relativistischen (geometrisierten) Maßeinheiten setzt man die Lichtgeschwindigkeit auf $c = 1$ und die Gravitationskonstante auf $G = 1$. Untersuchen Sie die Konsequenzen dieser Konvention:

1. Welche Länge entspricht der Sonnenmasse?
2. Welche physikalische Maßeinheit haben das Newtonsche Gravitationspotential und die Gravitationskraft?
3. Welche weiteren physikalischen Maßeinheiten kann man ineinander Umrechnen? Finden Sie mindestens sechs Paare, oder größere Gruppen, solcher Maßeinheiten.
4. Geben Sie eine möglichst große Gruppe unabhängiger physikalischer Maßeinheiten an. Dies bedeutet, dass Sie keine der Maßeinheiten dieser Gruppe durch Produkte und Quotienten anderer Maßeinheiten dieser Gruppe darstellen können. Die Gruppe sollte mindestens drei Maßeinheiten enthalten.

Aufgabe 2)

Eine Testmasse m befindet sich im kugelsymmetrischen Gravitationsfeld einer Punktmasse M . Der Abstand zwischen m und M beträgt r .

1. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v , die die Testmasse m haben muss, damit ihre potentielle Energie im Gravitationsfeld von M ihrer kinetischen Energie entspricht. Welche Bedeutung hat diese Geschwindigkeit?
2. Bei einem bestimmten Abstand R ergibt sich als resultierende Geschwindigkeit $v = c$. Was bedeutet das für Objekte, die sich innerhalb dieses Abstands befinden?
3. Berechnen Sie R für die Masse der Erde $M_E = 6 \times 10^{24}$ kg und die Masse der Sonne $M_S = 2 \times 10^{30}$ kg, sowie der baryonischen Masse des Universums $M_U \approx 10^{80} \times m_P$ mit der Protonenmasse $m_P = 1.7 \times 10^{-27}$ kg.

Aufgabe 3)

Wie lange dauert es bis eine anfangs im Abstand r ruhende Testmasse m das Zentrum der Punktmasse M erreicht. (Behandeln Sie das Problem, wie in Aufgabe 2, im Rahmen der Newtonschen Gravitationstheorie. Arbeiten Sie mit geometrisierten Einheiten wie in Aufgabe 1.)

Wenn die Erde eines Tages abrupt stehen bliebe (das heißt, die Geschwindigkeit der Erde v im Bezugssystem unseres Sonnensystems würde schlagartig auf null gesetzt), wie viele Tage würde es gemäß der obigen Betrachtung dauern bis diese das punktförmige Zentrum der Sonne erreicht?