

**Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 1“, WS 2022/23**

## 4. Übungsblatt vom 13.12.2022

Abgabe der schriftlichen Aufgabe: Dienstag, 20.12.2022, nach der Vorlesung oder bis spätestens 17:00 elektronisch an [wunner@itp1.uni-stuttgart.de](mailto:wunner@itp1.uni-stuttgart.de)

**Aufgabe 12: Millisekundenpulsare (freiwillig schriftlich 4 Punkte)**

Für einen extrem kurzperiodischen Pulsar werden eine Periode von  $P = 1,557806$  ms und eine Periodenänderung von  $\dot{P} = 1,0508 \cdot 10^{-19}$  s/s gemessen.

a) Suchen Sie auf dem Klavier denjenigen Ton, dessen Frequenz der des Pulsars am nächsten liegt. Der Kammerton  $a'$  hat 440 Hz.

b) Nach welcher Zeit „singt“ bei gleichbleibendem  $\dot{P}$  der Pulsar um einen halben Ton tiefer? (Anmerkung: 1 Oktave  $\hat{=}$  12 Halbtonschritte  $\hat{=}$  Frequenzverdopplung)

**Aufgabe 13: Inhomogene Gravitationsfelder (schriftlich 8 Punkte)**

Nach dem Äquivalenzprinzip laufen mechanische Vorgänge in einem kleinen, frei fallenden Labor ebenso ab wie in einem Newtonschen Inertialsystem. In dieser Aufgabe sollen Sie im Rahmen der Newtonschen Mechanik untersuchen, welche Auswirkungen die endliche Größe eines im inhomogenen Gravitationsfeld fallenden Labors hat.

Betrachten Sie dazu zwei Körper, die im Abstand  $r_1(t)$  und  $r_2(t) = r_1(t) + \xi(t)$  radial auf eine Punktmasse  $M$  zufallen. Wäre das Äquivalenzprinzip global erfüllt, so wäre  $\xi(t)$  konstant.

a) Leiten Sie aus der Newtonschen Bewegungsgleichung ab, dass für kleine  $\xi$  näherungsweise gilt

$$\ddot{\xi} = c^2 \frac{r_s}{r^3} \xi .$$

b) Zeigen Sie, dass sich der Abstand  $\xi$  der beiden Körper während einer kurzen Beobachtungszeit  $t$  um

$$\Delta\xi = \frac{1}{2} \left( \frac{r_s}{r} \right)^3 \left( \frac{ct}{r_s} \right)^2 \xi_0$$

verändert, wenn  $\xi_0$  der ursprüngliche Abstand ist. Wenn  $\Delta\xi$  kleiner ist als die erreichbare Messgenauigkeit, kann man das Labor als „klein“ ansehen.

c) Berechnen Sie  $\Delta\xi$  für eine Labor der Größe  $\xi_0 = 100$  m auf der Erdoberfläche für Beobachtungszeiten  $t$  von 1 s und 60 s.

**Aufgabe 14: Lichtablenkung und Äquivalenzprinzip (freiwillig schriftlich 6 Punkte)**

Wir betrachten ein frei fallendes Labor im Schwerfeld, z. B. einen Fahrstuhl, dessen Haltekabel durchtrennt wurden. Ein Lichtstrahl werde von einer Seite des Labors in eine Richtung senkrecht zur Richtung des lokalen Schwerfeldes geschickt.

a) Begründen Sie mit Hilfe des Äquivalenzprinzips, dass sich das Licht im Labor geradlinig mit Geschwindigkeit  $c$  ausbreitet.

b) Auf welcher Bahn verläuft das Licht von außen gesehen? Um welche Länge „fällt“ ein horizontal ausgeschickter Strahl bei lokal konstanter und paralleler Erdbeschleunigung  $g$ , wenn das Labor 1 km breit ist?