Prof. C. Greiner, Dr. H. van Hees **Wintersemester 2012/2013**

Übungen zur Theoretischen Physik 1 – Blatt 11 (28.01.-01.02.2013)

Präsenzübungen

(P27) Abgeänderte Schwerkraft

Wenn die anziehende Schwerkraft $\vec{F}$ zwischen einer sehr großen zentralen Kugel der Masse M und einem Satelliten der Masse m, der sich um sie bewegt, tatsächlich durch

$$\vec{F} = -\frac{GMm}{r^{3+a}}\vec{r} \quad , \quad |a| \ll 1$$

gegeben wäre, wobei $\vec{r}$ den Vektor zwischen den beiden Körpern bezeichnet, wie würden dann das zweite und das dritte Keplersche Gesetz modifiziert? (In der Diskussion des dritten Gesetzes nehmen Sie eine Kreisbahn als gegeben an!)

(P28) Schwerpunktsatz

Betrachten Sie zwei Massenpunkte mit Massen m_1 und m_2 mit Ortsvektoren $\vec{x}_1$ und $\vec{x}_2$, die sich in einem zentralen Wechselwirkungspotential bewegen, d.h. die Kräfte auf die Massenpunkte aufgrund der Wechselwirkung (z.B. Gravitation) lauten

$$\vec{F}_1 = -\vec{\nabla}_1 V(|\vec{x}_1 - \vec{x}_2|), \quad \vec{F}_2 = -\vec{\nabla}_2 V(|\vec{x}_1 - \vec{x}_2|). \tag{1}$$

(a) Stellen Sie die Newtonschen Bewegungsgleichungen für die Bewegung der beiden Massenpunkte auf.

(b) Der Schwerpunkt der beiden Teilchen ist durch

$$\vec{s} = \frac{m_1\vec{x}_1 + m_2\vec{x}_2}{m_1 + m_2} \tag{2}$$

definiert. Schreiben Sie die Bewegungsgleichung der Teilchen in Schwerpunkt- und Relativkoordinaten, also $\vec{s}$ und $\vec{r} = \vec{x}_1 - \vec{x}_2$ an und interpretieren Sie die Bewegungsgleichungen für $\vec{s}$ und $\vec{r}$ physikalisch.

(c) Wie lautet die Gesamtenergie der beiden Massenpunkte in Relativ- und Schwerpunktkoordinaten? Gilt der Energieerhaltungssatz?

(P29) Periheldrehung in Störungsrechnung (Knobelaufgabe!)

Ein Planet der Masse m bewegt sich im Gravitationspotential der Sonne,

$$V(r) = -\frac{\varkappa}{r} - \frac{B}{r^3},$$

wobei der Zusatzterm von einer Abplattung der Sonne an den Polen herrührt. Berechnen Sie die Periheldrehung $\delta\phi$ der Planetenbahn per Umlauf.

Hinweis: B soll klein sein, so daß die Bahn als Überlagerung einer festen Ellipsenbahn und einer kleinen Störung angenommen werden kann:

$$\frac{1}{r(\phi)} = u(\phi) = u_0(\phi) + \epsilon u_1(\phi) + O(\epsilon^2) \quad \text{mit} \quad \epsilon = \frac{3\varkappa m^2 B}{L^4},$$

wobei L der Drehimpuls $L = mr^2\dot{\varphi}$ des Planeten ist. Die Lösung zur Aufgabe (P25) vom vorigen Übungsblatt sind hier sehr nützlich!

Es gibt auf diesem Blatt keine Hausübungen. Bitte ignorieren Sie die Hausübungen in früheren Versionen dieses Blattes (oder nutzen Sie sie als zusätzliche Möglichkeit zum Üben).