Physik I und Einführung in die theoretische Physik I
Übungsaufgaben

Manuel Hohmann

29. Juni 2011

1. **Parametrischer Oszillator (Schaukel)**
   Sie stehen auf einer schwingenden Schaukel der Länge l, der sie periodisch Energie zuführen. Wenn die Schaukel um den maximalen Betrag ϕ_0 ausgelenkt ist, gehen Sie in die Hocke und bewegen ihren Schwerpunkt (Masse m) dabei um die Strecke d vom Aufhängepunkt der Schaukel weg. Im untersten Punkt der Schaukel stehen Sie wieder auf und heben Ihren Schwerpunkt damit wieder um die Strecke d an. Das gleiche wiederholen Sie am anderen Umkehrpunkt. Nehmen Sie an, dass die gesamte Energie, die sie zuführen, durch Reibung wieder aufgebraucht wird, d.h. die Amplitude der Schwingung sei konstant.

   (a) Befinden Sie sich mit dem System in Resonanz? Begründen Sie Ihre Antwort.

   (b) Welche Energie führen Sie dem System während einer Schwingungsperiode zu?

   (c) Wie groß ist die Güte Q des Systems?

   (d) In der Kathedrale von Santiago de Compostela wird ein 120kg schweres Weihrauchfass an einem 30m langen Seil geschwungen und erreicht dabei eine Auslenkung von 90°. Welche Energie führen die "Tiraboleiros" dem Fass zu, wenn sie es im tiefsten Punkt 2m nach oben ziehen? Wie hoch ist die Geschwindigkeit des Fasses am tiefsten Punkt?

2. **Rotationsschwingung**
   Ein Körper mit Trägheitstensor I_{ij} ist so durch Federn aufgehängt, dass bei einer Drehung um einen kleinen Winkel $\vec{\theta}$ um seinen Schwerpunkt ein Drehmoment $\vec{M} = -k\vec{\theta}$ wirkt.

   (a) Leiten Sie aus der Bewegungsgleichung $\dot{\vec{L}} = \vec{M}$ des starren Körpers die Bewegungsgleichung für den so beschriebenen Körper ab. Dabei ist die Winkelgeschwindgkeit gegeben durch $\vec{\omega} = \dot{\vec{\theta}}$.

   (b) Nehmen Sie an, dass sie den Körper um eine Hauptträgheitsachse $\vec{\theta}_0$ mit Hauptträgheitsmoment I_0 verdrehen und dann loslassen. Zeigen Sie, dass er eine harmonische Schwingung ausführt und bestimmen Sie die Kreisfrequenz.

   (c) Seien $\vec{\theta}_i$ die Hauptträgheitsachsen und ω_i die zugehörigen Winkelgeschwindgkeiten aus dem vorherigen Aufgabenteil für $i = 1, 2, 3$. Zeigen Sie, dass sich die allgemeinste Lösung der Bewegungsgleichungen schreiben lässt als

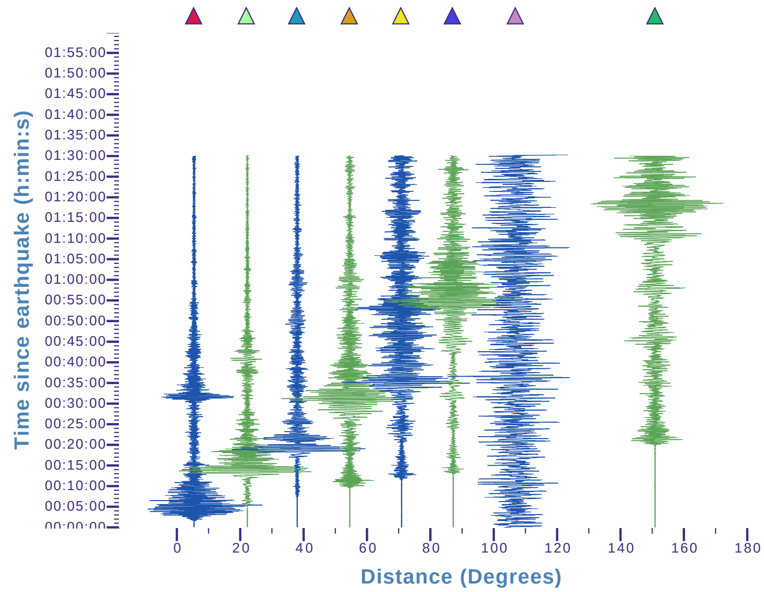
   $$\vec{\theta}(t) = \sum_i \vec{\theta}_i \cos(\omega_i t + \phi_i)$$

(d) Geben Sie ein Verfahren an, um die allgemeinste Lösung für ein System zu bestimmen, das der Bewegungsgleichung $\ddot{x}_i + M_{ij} x_j = 0$ genügt mit einer Matrix M_{ij}, die nur positive Eigenwerte besitzt.

3. **Erdbeben**

Das Tōhoka-Erdbeben vom 11. März 2011 wurde von Messstationen auf der ganzen Welt beobachtet und vermessen.

(a) Schätzen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen ab und nehmen Sie an, dass diese sich nur entlang der Erdoberfläche fortpflanzen.



(b) Schätzen Sie die Frequenz und die Dämpfung für ein Vorbeben (oberes Bild) sowie die verschiedenen Frequenzen eines Nachbebens (unteres Bild) ab.

After a major earthquake, the Earth rings like a bell. Analyzing the spectrum of these oscillations helps to understand the Earth structure and the focal mechanism of the earthquake. The low frequency component of a seismogram shows this phenomenon, which is clearly visible comparing the recordings of 2 similar earthquakes at the same station before and after the main earthquake.

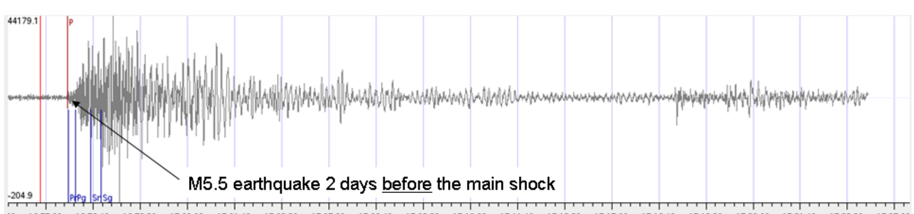


Figure 1: Before the main shock. A M5.5 earthquake recorded at station ERM, located 700km north of the epicenter.
The seismogram does not display variation of low frequency.

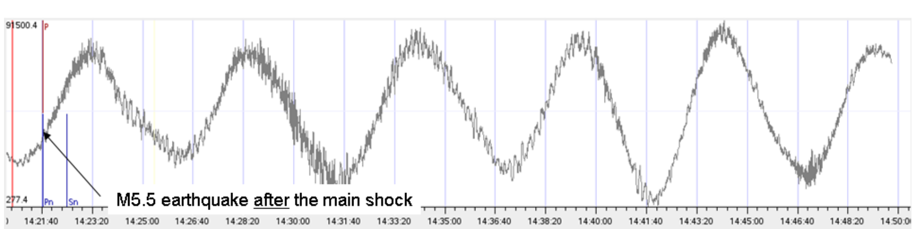


Figure 2: After the main shock. An earthquake of similar magnitude, recorded at the same station.
The seismogram shows important low frequency component.