

4. Übung zur Einführung in die Geophysik II

Thema: Magnituden, Schwere und Gravimetrie

Übungsblatt online: Mi. 21.06.23, 13:00 Uhr,
Besprechung des Übungsblattes: Mo. 26.06.23, 11:30-13:00, HS B

Aufgabe 1: Magnitude und Intensität

- Was ist der Unterschied zwischen Magnitude und Intensität?
- Um wie viel größer ist die freigegebene Energiemenge, wenn ein Erdbeben eine um 1 größere Magnitude hat als ein anderes?
- Das Dezember 2004 Sumatra Erdbeben war zum damaligen Zeitpunkt das drittstärkste instrumental aufgezeichnete Erdbeben. Nach dem Erdbeben wurden folgende Magnitudenangaben veröffentlicht: 5,7 bzw. >7 (8 Minuten nach dem Beben; PTWC bzw. NEIC), >8.5 (etwa eine Stunde nach dem Beben; PTWC), 8.9 (etwa 6 Stunden nach dem Beben; Harvard quickCMT) und 9.3 (etwa 4 Monate nach dem Beben; *Stein & Okal, 2005, Nature*). Um welche Magnituden (m_b , M_s , M_w) könnte es sich bei den jeweiligen Angaben handeln. Warum variieren sie? Welche Angabe ist die ‚glaubwürdigste‘?

Abkürzungen:

Stein, S., & Okal, E. A. (2005). Speed and size of the Sumatra earthquake. *Nature*, 434(7033), 581-582.

PTWC: Pacific Tsunami Warning Center: <https://www.tsunami.gov/>

NEIC: National Earthquake Information Center <https://www.usgs.gov/>

Harvard quickCMT: <https://www.globalcmt.org/>

Aufgabe 2: Fluchtgeschwindigkeit

Das Schwerepotential der Erde im Abstand r vom Mittelpunkt ist $\Phi = G \cdot M_E/r$. Welche Arbeit muss man aufwenden, um eine Masse m von der Erdoberfläche in sehr große (unendliche) Entfernung zu bringen? Welche Geschwindigkeit an der Erdoberfläche muss man der Masse geben, um sie aus dem Einflussbereich der Erde (= in unendliche Entfernung) zu bringen?

Hinweis: Setzen Sie die kinetische Energie beim Abschuss mit der Arbeit gleich, die aufgebracht werden muss. Die Geschwindigkeit nennt man Fluchtgeschwindigkeit.

Aufgabe 3: Bewegungsgleichung für einen Körper durch Erdmittelpunkt

Nehmen Sie an, dass eine Bohrung durch die Erde durch den Mittelpunkt existiert und lassen Sie einen Körper der Masse m in das Loch fallen. Wie wird sich der Körper bewegen? Stellen Sie die Bewegungsgleichung auf unter der Annahme, dass die Gravitationsbeschleunigung innerhalb der Erde $g(r) = g_E/R_E \cdot r$ ist (mit dem Erdradius R_E und der Schwerebeschleunigung g_E an der Erdoberfläche).

Aufgabe 4: Baryzentrum und Gezeiten

a) Das Baryzentrum eines Sternes und seines Planeten - oder eines Planeten und seines Mondes - ist das gemeinsame Massenzentrum. Berechnen Sie mit Hilfe der in der Tabelle gegebenen Werte die Baryzentren der folgenden Paare. Liegt das Baryzentrum innerhalb oder außerhalb des Primärkörpers?

i) Sonne und Erde (Abstand: $1,496 \cdot 10^8$ km)

ii) Sonne und Jupiter (Abstand: $7,781 \cdot 10^8$ km)

iii) Erde und Mond (Abstand: $3,841 \cdot 10^5$ km)

iv) Pluto und Charon (Abstand: $1,964 \cdot 10^4$ km)

Körper	Masse	Radius
Sonne	$1,989 \cdot 10^{30}$ kg	696342 km
Erde	$5,974 \cdot 10^{24}$ kg	6371 km
Jupiter	$1,899 \cdot 10^{27}$ kg	71492 km
Pluto	$1,25 \cdot 10^{22}$ kg	1137 km
Mond	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg	1738 km
Charon	$1,9 \cdot 10^{21}$ kg	586 km

b) Die Gezeitenkräfte ergeben sich als Differenz zwischen Gravitations- und Zentrifugalkräften. Beschreiben Sie kurz die Bewegung des Zweikörpersystems Erde-Mond um das gemeinsame Baryzentrum (Stichwort: "Revolution ohne Rotation"). Was folgt daraus für die Zentrifugalkräfte? Skizzieren Sie die Gezeitenkräfte an der Erdoberfläche. Wie groß sind die Gezeitenkräfte im Erdmittelpunkt?

Aufgabe 5: Berechnung von Erdumfang und -radius in der Antike

Eratosthenes (275-195 v. Chr.) bestimmte den Erdumfang aus der Beobachtung des mittäglichen Einfallswinkels der Sonnenstrahlen in Alexandria und Syene, dem heutigen Assuan. Unter der Annahme, Alexandria und Syene lägen auf dem gleichen Meridian (tatsächlich: $31^{\circ}13'N$; $29^{\circ}55'E$ und $24^{\circ}05'N$; $32^{\circ}56'E$), fand er für diese zwei Orte in 5000 Stadien Entfernung eine Winkeldifferenz von einem Fünfzigstel eines Kreises. Ein griechisches (genauer: Athener) Stadion entspricht einer Länge von etwa 185 m.

- Bestimmen Sie aus diesen Beobachtungen den Erdumfang und den Erdradius.
- Wieso weicht der von Eratosthenes bestimmte Erdumfang vom tatsächlichen Umfang ab?

Aufgabe 6: Gravitationsfeld einer Hohlkugel

- Leiten Sie die potentielle Energie einer Hohlkugel im Innen- sowie im Außenraum her. Skizzieren Sie den Verlauf der potentiellen Energie in Abhängigkeit des Abstandes zum Kugelmittelpunkt. Nehmen Sie dazu an, dass für die Wanddicke da und den Kugelradius a gilt: $da \ll a$.
- Wie groß ist die Gravitationskraft? Fertigen Sie auch hier eine Skizze der Gravitationskraft in Abhängigkeit des Abstandes zum Kugelmittelpunkt an.