

Experimentalphysik für Biogeowissenschaftler

3. Übungsserie

Abgabe 25.11.2020 bis 15 Uhr per **per Moodle**

Alle Aufgaben müssen gerechnet werden und sind vor der Vorlesung schriftlich abzugeben. Zu jeder Lösung gehört eine oder im Bedarfsfall auch mehrere Skizzen, die den Sachverhalt verdeutlichen! Denken Sie bei den Skizzen daran alle wirkenden Kräfte und alle gegebenen und gesuchten Größen mit anzugeben!

7. **Rampentheorie:** Um die Pyramiden zu bauen mussten große Steinblöcke bis zu Spitze der Pyramide transportiert werden. Das einfachste Hilfsmittel dazu ist eine Rampe.
- Welche Kraft mussten Arbeiter damals etwa aufbringen, um einen 2,5 t schweren Block eine Rampe mit einer Steigung von ca. 8 % hoch zu ziehen? (Vernachlässigen Sie Reibungseffekte) Wie viele Arbeiter braucht man dazu etwa?
 - Wie ändert sich das Ergebnis aus a) wenn eine Reibung mit einer Gleitreibungszahl von ca. 0,9 (Stein auf Stein) hinzukommt. Wie viele Arbeiter braucht man dann?
 - Eine wissenschaftliche Veröffentlichung aus dem Jahr 2014 hat die bildliche Darstellung (in alten ägyptischer Malereien) der damals verwendeten Lösung dieser Probleme physikalisch analysiert. Zeichnungen zeigen die Steinblöcke auf Schlitten und darunter Gleitmittel oder Rollen. Als Gleitmittel wurde wohl Wasser und Sand genutzt. Der Reibungskoeffizient kann so auf bis zu 0,3 verringert werden.
Wie stark sinkt so die Kraft, die die Arbeiter aufbringen müssen?
 - Zusatz:** Wie viel Material (Stein) wäre bei einer 10m breiten Rampe zum Bau der Rampe im Verhältnis zur Pyramide selbst nötig? Nehmen sie eine 100 m hohe Pyramide mit 100 m mal 100 m quadratischer Grundfläche an.

Quelle für c bei Interesse: A. Fall, B. Weber, M. Pakpour et.al.: *Sliding Friction on Wet and Dry Sand*,
In: *Phys. Rev. Lett.* 112, Artikel 175502, 29 April 2014
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.175502>

8. **Aufzugstheorie:** Verschiedene Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Pyramiden auch mit der Hilfe von Aufzügen gebaut wurden. Die einfachste Konstruktion besteht aus einem Seil und einer Umlenkrolle. Auf der einen Seite befindet sich der Stein, auf der anderen ein Gegengewicht, das dank der Gravitation den Stein nach oben zieht.
- Wie groß müsste solch ein Gegengewicht sein, um einen 2,5 t schweren Felsblock anzuheben? Welche Kräfte spielen bei einem realen Aufbau eine Rolle und welche Wirkung haben sie auf das Ergebnis? Skizzieren Sie den Aufbau und zeichnen sie die entsprechenden Kräfte ein.

- b) Skizzieren Sie ein sinnvolles Beschleunigungs-Zeit-Diagramm und die passenden Geschwindigkeits-Zeit und Höhe-Zeit-Diagramme. Hinweis: Welches Problem tritt auf, wenn das Gegengewicht ungebremst und mit zu hoher Geschwindigkeit auf den Boden auftrifft? Denken Sie hierbei nicht an Geschwindigkeiten von über 5 m/s.
- c) Als Gegengewicht wurden wohl einfach Arbeiter genutzt. Diese mussten mit leichten Lasten auf die Pyramide klettern und mit dem Aufzug anschließend wieder herunterfahren. Welchen Vorteil hat das für die Arbeiter im Vergleich zur Rampenlösung?
- d) **Zusatz:** Skizzieren Sie eine Lösung, die Rampe und Aufzug verbindet. Erklären Sie in weniger als fünf Sätzen die Vorzüge und Funktion einer solchen Lösung aus Sicht der Arbeiter.
9. Frank Weiß will seine Lieblingskurve mit seinem BMW mit der größtmöglichen Geschwindigkeit durchfahren. Der Kreisradius seiner Lieblingskurve beträgt 40 m. Sein Kumpel Mohamed bietet ihm dazu einige neue Reifen mit unterschiedlichen Haftreibungskoeffizienten μ_H an:
 Reifen **A**: $\mu_H = 0,6$. Reifen **B**: $\mu_H = 4,0$. Reifen **C**: $\mu_H = 0,1$. Reifen **D**: $\mu_H = 1,1$.
 Welche sollte er kaufen um möglichst schnell durch die Kurve zu kommen? (Dazu berechnen wie schnell er mit den jeweiligen Reifen um die Kurve fahren kann). Bei welchen Reifen hat Mohamed vielleicht falsche Zahlen geliefert?
 Frank bekommt den Tipp mehr Gewicht in sein Auto zu packen um mehr Reibung zu erzeugen. Hilft ihm das?

Zusatzfragen:

(sind nicht schriftlich abzugeben, sondern dienen der Orientierung beim Lernen)

- 1.) Nennen und erläutern Sie die Newtonsche Axiome.
- 2.) In welchen Zusammenhängen treten die Schwerkraft, Reibungskraft und Radialkraft auf? Wie kann man sie berechnen?
- 3.) Wie sind Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung definiert? Um was für einen Bewegungstyp handelt es sich bei der gleichförmigen Kreisbewegung? Wie berechnet man die Bahngeschwindigkeit bei gleichförmiger Kreisbewegung?