



# Physikalische Denk- und Arbeitsweisen erlernen

## Online-Supplement 2: Sammlung der Übungsaufgaben

David Woitkowski<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> *Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften*

\* *Kontakt: David Woitkowski, Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften,  
Department Physik, AG Didaktik der Physik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn,  
[david.woitkowski@upb.de](mailto:david.woitkowski@upb.de)*

**Zitationshinweis:**

Woitkowski, D. (2018). Physikalische Denk- und Arbeitsweisen erlernen: Ein Vorlesungs-/Übungskonzept entlang des ACER-Modells [Online-Supplement 2: Sammlung der Übungsaufgaben]. *Herausforderung Lehrer\_innenbildung*, 1, 1 - 5. doi: [10.4119/UNIBI/hlz-39](https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-39)

Eingereicht: 20.02.2018 / Angenommen: 23.04.2018 / Online verfügbar: 05.07.2018

ISSN: 2625-0675



# Physikalische Arbeitsweisen

## Sammlung der Übungsaufgaben

Dr. David Woitkowski\*, WiSe 2017/18

Bitte bereiten Sie sich *vor* jeder Übung darauf vor, die in der Woche gestellte Aufgabe gemeinsam zu diskutieren, zu bearbeiten und zu lösen.

Zum Scheinerwerb (AQT) müssen Sie einmal pro Semesterdrittel eine der gestellten Aufgaben ausarbeiten und spätestens eine Woche nach der auf dem Aufgabenzettel genannten Übung bei PANDA zur Korrektur hochladen. Ist die Ausarbeitung fehlerhaft oder unvollständig, bekommen Sie die Möglichkeit zur Korrektur (wiederum innerhalb einer Woche).

### 1 Bewegungen auf dem Wasser

Ein Schiff fährt mit einer Geschwindigkeit von 22 Knoten nach Osten. Um 12:00 Uhr setzt es eine Barkasse aus, die mit 8 Knoten nach Nord-Osten fährt.

- Unter welcher Richtung sieht die Besatzung der Barkasse das Schiff um 12:30 Uhr?
- Wie groß ist die Relativgeschwindigkeit der beiden Schiffe und welche Richtung hat sie?
- Um 13:00 Uhr setzt das Schiff eine Barkasse aus, die 12 Knoten läuft und die erste Barkasse in gerader Fahrt erreichen soll. Welche Richtung muss sie einhalten? Wann und wo treffen sie sich?

### 2 Schiefe Ebene

Ein Wagen der Masse  $m = 500 \text{ kg}$  wird von einem Pferd eine Straße mit einer Steigung von 10 % hoch gezogen, wobei eine Strecke von  $s = 1 \text{ km}$  zurückgelegt wird.

Gehen Sie davon aus, dass das Pferd eine Leistung von  $P = 1 \text{ PS} \approx 735 \text{ W}$  erbringen kann und dass die Reibung zwischen Wagen und Straße sowie der Luftwiderstand vernachlässigbar sind.

In welcher Zeit hat das Pferd die Strecke  $s$  zurückgelegt?

### 3 Unbekannte Messdaten

Sie räumen ihren Schreibtisch auf und finden darin ein altes Laborbuch, das Sie zu Beginn Ihrer Karriere in der Physik geführt habe. Damals wissen Sie noch nicht, dass man zu den bei einem Experiment aufgenommenen Messdaten auch immer notieren muss, welches Experiment durchgeführt wurde.

- Zu was für einem Experiment gehören die rechts stehenden Messwerte?
- Werten Sie das Experiment aus.

| $\frac{t}{\text{s}}$ | $\frac{v}{\text{m/s}}$ |
|----------------------|------------------------|
| 0,3                  | 3,03                   |
| 0,5                  | 3,92                   |
| 0,7                  | 7,42                   |
| 1,0                  | 10,30                  |
| 1,2                  | 13,89                  |
| 1,6                  | 12,56                  |
| 2,0                  | 16,09                  |
| 3,0                  | 30,02                  |
| 4,2                  | 33,37                  |
| 5,0                  | 55,43                  |

### 4 Unbekanntes Material

Vor Ihnen liegt ein Klumpen eines silbrig-weißen Metalles mit der Masse  $m_0 = 13,5774 \text{ kg}$ . Das Material ist leicht radioaktiv.

Genau ein Jahr später wiegen Sie das Material noch einmal, die Masse beträgt nun nur noch  $m_1 = 13,5716 \text{ kg}$ . Korrosion, Oxidation oder einen anderen äußeren Grund für die Massenänderung können Sie nicht feststellen.

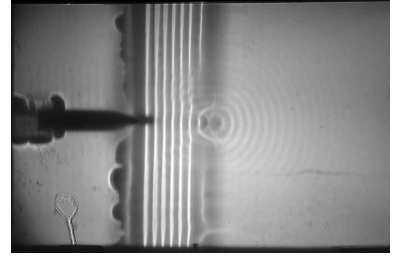
Um welches Material handelt es sich?

---

\*david.woitkowski@uni-paderborn.de

## 5 Wellen in der Wellenwanne

Eine Wellenwanne besteht aus einem flachen Wasserbecken, in dem mit Hilfe eines periodisch schwingenden Objektes Oberflächenwellen angeregt werden können. Eine Optik macht die Wellen als Schattenmuster auf einem Schirm sichtbar.



Sie regen auf der Wasseroberfläche Wellen so an, dass die Wasserhöhe  $h$  als Funktion des Ortes  $\vec{r}$  und der Zeit  $t$  wie folgt geschrieben werden kann:

$$h(\vec{r}, t) = h_0 \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$$

Dabei ist

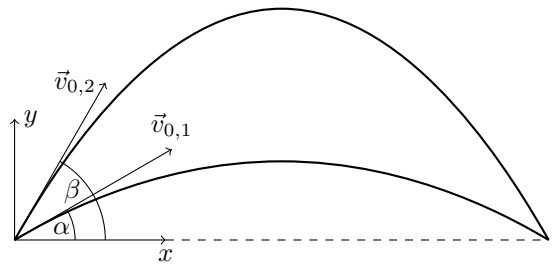
$$\vec{k} = \begin{pmatrix} 2\pi \text{ cm}^{-1} \\ \pi \text{ cm}^{-1} \end{pmatrix}, \quad \omega = 2 \text{ s}^{-1} \quad \text{und} \quad h_0 = 0,5 \text{ cm}$$

Bestimmen Sie die Wellenlänge  $\lambda$ , Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  und Ausbreitungsrichtung  $\vec{e}_c$  der Welle.

## 6 Kollision

Zwei Bälle werden von der selben Position aus unter zwei verschiedenen Winkeln abgeworfen (siehe Skizze). Dabei sind die beiden Abwurfgeschwindigkeiten betragsmäßig gleich  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ . Die Abwurfwinkel sind  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ .

Mit welchem zeitlichen Abstand  $\Delta t$  müssen die beiden Bälle abgeworfen werden, damit Sie sich in der Luft treffen?

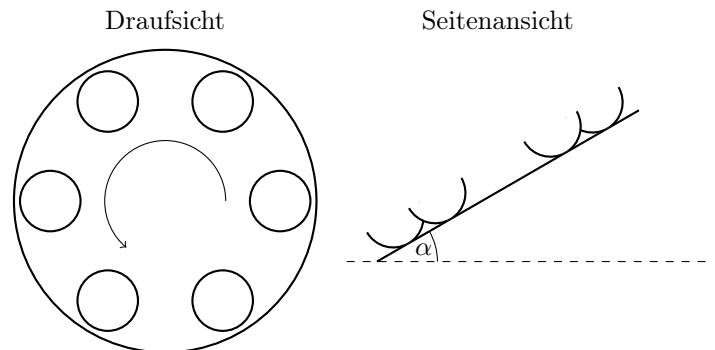


## 7 Karussell

Ein Karussell ist wie folgt aufgebaut. Eine um ihren Mittelpunkt rotierende Scheibe trägt die Gondeln in einem Abstand von  $r = 5 \text{ m}$  vom Scheibenmittelpunkt. Diese Scheibe dreht sich 1-mal pro Sekunde um sich selbst, so dass jede Gondel eine Kreisbahn beschreibt.

Diese Scheibe kann im Betrieb um einen Winkel  $\alpha$  gekippt werden, wobei die Rotation der Scheibe konstant bleibt.

Geben Sie für eine der Gondeln die Bahnkurve  $\vec{r}(t)$  in Abhängigkeit der Zeit an. Gehen Sie dabei so vor, dass sie zunächst die Position in der Ebene für den Fall  $\alpha = 0^\circ$  angeben und diese dann im dreidimensionalen Raum kippen.



## 8 Allgemeine Wellengleichung

Die allgemeine Wellengleichung lautet (in vereinfachter Schreibweise)

$$\frac{d^2}{dx^2}\varphi + \frac{d^2}{dy^2}\varphi + \frac{d^2}{dz^2}\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{d^2}{dt^2}\varphi = 0$$

Die sogenannte „ebene Welle“ wird durch die Funktion

$$\varphi(\vec{r}, t) = A \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$$

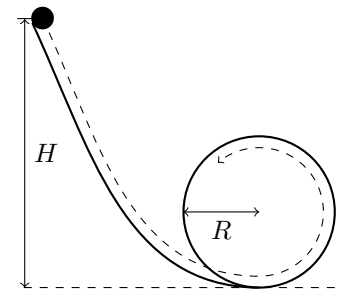
dargestellt, wobei  $A$  die Amplitude,  $\vec{k}$  den Wellenvektor und  $\omega$  die Winkelfrequenz bezeichnet.

- Erklären Sie, wie die o. g. „allgemeine Wellengleichung“ inhaltlich interpretiert werden kann. (Hinweis: Eventuell hilft es dabei, die Wellengleichung auf eine räumliche Dimension zu verkürzen und so den Überblick zu behalten.)
- Geben Sie an, unter welcher Bedingung die „ebene Welle“ die allgemeine Wellengleichung erfüllt. Geben Sie die Bedingung als möglichst einfachen Zusammenhang zwischen  $c$ ,  $\vec{k}$  und  $\omega$  an.

## 9 Looping

Sie konstruieren einen kreisförmigen Looping wie in der Skizze. Aus welcher Höhe  $H$  muss die Kugel der Masse  $m$  losgelassen werden, damit sie den Looping „schafft“?

- Berechnen Sie zunächst die Höhe  $H$  unter der Annahme, dass es reicht, wenn die Kugel den höchsten Punkt des Loopings erreicht.
- Berechnen Sie nun die Höhe  $H$  unter der Annahme, dass die Kugel im obersten Punkt des Loopings noch genügend „Schwung“ haben muss, um den Looping zu „schaffen“.
- Berechnen Sie nun die Höhe  $H$  unter der Annahme, dass die Kugel ja rollt und beim Rollen mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  eine Rotationsenergie  $E = \frac{1}{2}I\omega^2$  hat. Für Kugeln mit dem Radius  $r$  ist übrigens das Trägheitsmoment  $I = \frac{2}{5}mr^2$ .



## 10 Das Gwarfische Weltraumprogramm

1400 Lj von der Erde entfernt befindet sich der Stern Kepler-452 in dessen Habitable Zone der Planet Kepler-452b rotiert – von seinen Bewohnern einfach „Gwarf“ genannt.

Der Planet Gwarf hat eine Masse von  $m_G = 2,58 \cdot 10^{25}$  kg und einen Radius von  $R_G = 10396$  km. Er umkreist seinen Zentralstern einmal alle  $T_O = 3,325 \cdot 10^7$  s. Ein Tag auf Gwarf dauert  $T_G = 72000$  s.

Die Gwarfianer wollen ein Weltraumprogramm starten und benötigen ein paar wichtige Berechnungen:

- Bestimmen Sie die **erste kosmische Geschwindigkeit** auf Gwarf. Das ist die Geschwindigkeit, auf der ein Objekt den Planeten direkt über dem Boden umkreisen kann, ohne angetrieben zu werden (Reibung ausgenommen) oder abzustürzen.
- Bestimmen Sie die **zweite kosmische Geschwindigkeit** auf Gwarf. Das ist die Geschwindigkeit, mit der ein Objekt senkrecht nach oben abgeschossen werden muss, so dass es nicht wieder herunterfällt.
- Bestimmen Sie die Bahndaten (Umlaufzeit und Radius) eines **geostationären Orbits** über Gwarf.
- Bestimmen Sie die **potentielle und kinetische Energie** eines  $m = 10^4$  kg schweren gwarfischen Telekommunikationssatelliten.

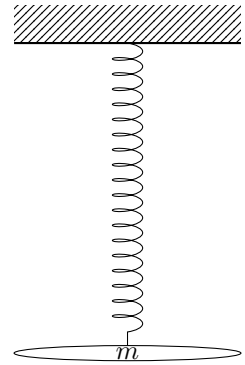
## 11 Federpendel mit Reibung

An einer Sprungfeder (Federkonstante  $D$ ) hängt ein flach ausgewalztes Massestück (Masse  $m$ ). Das Massestück ist so geformt, dass es einer Bewegung eine Reibungskraft vom Betrag  $|F_R| = Cv$  entgegensetzt ( $v$  ist die Geschwindigkeit,  $C$  Konstante abhängig von der Form).

Das Federpendel wird aus der Ruhelage mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  (nach unten) angestoßen.

Wie lange dauert es, bis die Amplitude nur noch 1% der anfänglichen Amplitude beträgt?

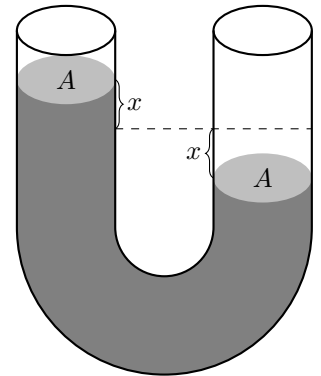
*Hinweis:* Wie Sie in der Vorlesung gelernt haben, ändert die Gewichtskraft nichts an Amplitude oder Schwingfrequenz. Sie können Sie hier also vernachlässigen.



## 12 Schwingende Wassersäule

Sie experimentieren mit einem U-Rohr mit Querschnittsfläche  $A$ , welches Sie mit Wasser (Gesamtmasse  $m$ , Dichte  $\rho$ ) gefüllt haben. Wenn Sie das U-Rohr gerade halten, stehen zunächst beide Wasserspiegel gleich hoch. Nun lenken Sie die Wassersäule (z. B. durch Pusten) um einen Betrag  $x$  aus (Skizze).

Bestimmen Sie die Schwingungsdauer dieses Systems, wenn alle Reibungseffekte außer Acht gelassen werden können.



## 13 Wurfweite und Abwurfgeschwindigkeit

Sie verwenden eine Wurfmaschine um eine kleine Stahlkugel (Radius  $r = (0,5 \pm 0,05)$  cm) auf ebener Fläche schräg zu werfen.

Sie haben die Kugel unter einem Winkel  $\alpha = 35^\circ$  ( $\Delta\alpha = 0,2^\circ$ ) abgeworfen und die Wurfweite zu  $s = 62,3 \pm 0,2$  cm bestimmt.

Verwenden Sie die Gleichung

$$s = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha)$$

um die Abwurfgeschwindigkeit  $v_0$  zu bestimmen.

Bestimmen Sie die Genauigkeit  $\Delta v_0$  einmal mit einer Mini-Max-Abschätzung und einmal mit der Gaußschen Fehlerrechnung und vergleichen Sie die beiden Messgenauigkeiten.

*Hinweis:* Für die Erdbeschleunigung können Sie  $g = (9,81 \pm 0,01)$  m/s<sup>2</sup> verwenden.