Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 12.12.2013
Besprechung: 19.12.2013

Übungsgruppenleiter: Mathias Altenburg, Benjamin Bauer, Sven Deutschländer, Claire-Denise Frese, Christian Klix, Sören Kumkar, Moritz Schlötter, Annika Schoe, Werner Schosser

Übungen zu Experimentalphysik I für Biologen

Blatt 8

Aufgabe 1:

Ein Gegenstand der Masse m auf einer reibungsfreien Unterlage sei an einer Feder befestigt, die waagerecht liegt und am anderen Ende an der Wand festgemacht ist. Durch Auslenken aus der .... wirkt eine Kraft $F = -kx$ entsprechend des .... Gesetzes auf ihn. Durch Gleichsetzen mit der newton'schen Kraftgleichung $F = m \cdot a$ erhält man die Gleichung $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$, wobei $\omega_0 = \sqrt{k/m}$. Dies ist eine .... zweiter Ordnung, deren Lösung $x(t) = A \sin(\omega_0 t + \Phi)$ eine .... Schwingung beschreibt. Dabei ist A die ...., Φ die .... und ω_0 die .... der Schwingung. A und Φ hängen von den Anfangsbedingungen ab.

Aufgabe 2:

Im Folgenden soll die Kraft- und Drehmomentübetragung eines Fahrradgetriebes betrachtet werden (siehe Abbildung). Diese besteht aus einer Tretkurbel (Pedal) mit Radius $r_P = 20$ cm, einem großen Kettenrad ($r_1 = 10$ cm), der Kette, einem kleinen Kettenrad ($r_2 = 5$ cm) und dem Reifen ($r_R = 30$ cm). Um das Fahrrad anzutreiben treten sie die Pedale mit einer Kraft mit konstantem Betrag $F_P = 100$ N (Die Richtung der Kraft ändert sich stetig so dass F immer senkrecht auf r steht. Das ist natürlich eine Näherung, aber mit 'Klickpedalen' können Sie die beinahe realisieren). Bei der Übersetzung Tretkurbel/großes Kettenrad und kleines Kettenrad/Reifen findet eine Drehbewegung statt, d.h. das Drehmoment $M = r \cdot F$ wird 1 zu 1 übertragen (bleibt erhalten). Bei der Übersetzung großes Kettenrad/kleines Kettenrad findet über die Kette eine Zugbewegung statt, d.h. die Kräfte F und die jeweiligen Zugstrecken s werden 1 zu 1 übertragen (bleiben erhalten).

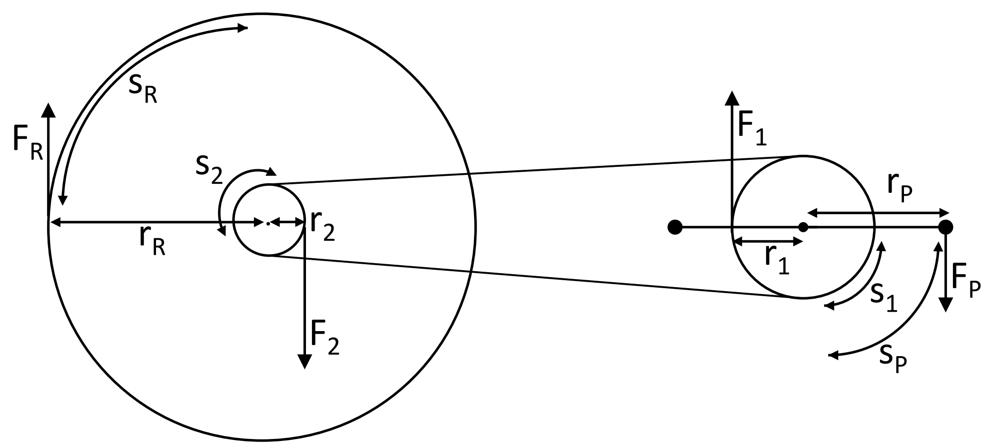
a) Bestimmen Sie die Kraft F_R mit der der Reifen angetrieben wird! Bestimmen Sie dazu zuerst die Kraft F_1 über die Erhaltung des Drehmoments (Tretkurbel/kleines Kettenrad), dann die Kraft F_2 über die Erhaltung der Kraft (großes Kettenrad/kleines Kettenrad), und damit die Kraft F_R über die Erhaltung des Drehmoments (kleines Kettenrad/Reifen). (Hinweis: Sie können auch nur mit den Variablen rechnen und am Ende die Werte einsetzen.)
b) Bestimmen Sie die Zugstrecke s_R des Reifens wenn Sie Ihre Pedale um eine Zugstrecke $s_P = 10$ cm bewegen! (Hinweis: Die Zugstrecke erhält man durch $s = r \cdot \varphi$. Wie hängen die jeweiligen Winkel φ_P und φ_1 bzw. φ_2 und φ_R zusammen?)

c) Die geleistete Arbeit berechnet sich über $W = F \cdot s$. Bestimmen Sie die geleistete Arbeit an ihren Pedalen W_P und die Arbeit W_R, die am Reifen geleistet wird! Was fällt Ihnen auf?

d) Sie treten mit zwei Umdrehungen pro Sekunde. Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit ω_P Ihrer Pedale und ihre Zuggeschwindigkeit v_P? Bestimmen Sie daraus die Zuggeschwindigkeit v_R des Reifens (ihre Fahrtgeschwindigkeit) und die entsprechende Winkelgeschwindigkeit ω_R!

e) Wie groß ist die Leistung $P = \frac{d}{dt} W_P$ mit der Sie treten? Können Sie die Leistung auch über Drehmoment M_P und Winkelgeschwindigkeit ω_P der Pedale bestimmen?

f) Ein Mittelklassewagen hat ein Drehmoment von $M = 200$ Nm. Wie groß ist seine Leistung bei einer Drehzahl von 5000 Umdrehungen pro Minute?



Aufgabe 3:

Polare (normale) Vektoren, wie z.B. Ort $\vec{r}$ oder Geschwindigkeit $\vec{v}$, kehren ihre Richtung im Fall einer Punktspiegelung des Raumes um (z.B. x-Komponente geht bei der Raumspiegelung in $-x$ über, y in $-y$, etc.). Axiale Vektoren behalten ihr Richtung bei einer Punktspiegelung des Raumes bei. Axiale Vektoren sind das Ergebnis eines Kreuzproduktes (werden manchmal auch Pseudovektoren genannt und sind relativ zu einem Rotationszentrum definiert). Beispiele sind die Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega} := \frac{1}{r^2}(\vec{r} \times \vec{v})$ (r ist der Betrag von $\vec{r}$), der Drehimpuls $\vec{L} := m(\vec{r} \times \vec{v})$ oder das Drehmoment $\vec{M} := \vec{r} \times \vec{F}$.

a) Wieso macht es Sinn, ω zusätzlich über ein Kreuzprodukt zu definieren? In welche Richtung zeigt dann $\vec{\omega}$? Wie hängen $\vec{L}$ und $\vec{\omega}$ zusammen? Wie hängen $\vec{M}$ und $\vec{L}$ zusammen wenn $\vec{r}$ konstant bleibt?

b) Berechnen Sie $\vec{\omega}$, $\vec{L}$ und $\vec{M}$ für $\vec{v} = (\pi, 2\pi, -\pi)$ m/s und $\vec{r} = (2, 1, -2)$ m! Prüfen sie für $\vec{\omega}$ das Ergebnis von a) mithilfe des Skalarproduktes nach!

c) Erklären Sie anschaulich mithilfe der Drei-Finger-Regel wieso $\vec{\omega}$ bzw. $\vec{L}$ axiale Vektoren sind, d.h. bei einer Punktspiegelung des Koordinatensystemes (= Punktspiegelung von $\vec{r}$ und $\vec{v}$) ihre Richtung nicht ändern!

d) Beweisen Sie dies quantitativ für $\vec{L}$, wenn $\vec{r} = (2, 1, 0)$ und $\vec{v} = (-1, 2, 0)$ und die Punktspiegelung am Koordinatenursprung (0,0,0) stattfindet! (Für diese Teilaufgabe können Sie die Einheiten ausnahmsweise weglassen!)