

## 7. Übung zur Experimentalphysik I

Biological Physics and Systems Biology, Universität zu Köln  
 II. Phys. Institut, Universität zu Köln

Prof. Dr. T. Bollenbach  
 M. Langenbach

Abgabe: 7. Übungsblatt, Mittwoch, 14. Juni 2017 bis 16 Uhr

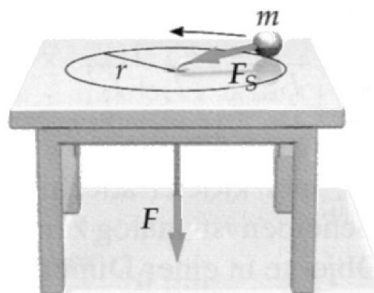
Aufgabe Nr.:	1	2	3	4	Summe
Points:	8	6	6	10	30
Points:					

Bitte das Aufgabenblatt mit abgeben. Namen und Gruppennummer eintragen. Nicht angegebene Namen oder Gruppen führen zu Abzug von einem Punkt.

<http://bpsb.uni-koeln.de/15556.html> .

### 1. [8 Punkte] Drehimpulserhaltung

Ein Teilchen der Masse  $m$  gleitet reibungsfrei auf einem horizontalen Tisch. Das Teilchen wird von der Zugkraft an einem durch ein Loch im Tisch herunter hängenden Faden auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $r_A$  gehalten. Der Betrag seiner Geschwindigkeit ist  $v_A$ . Jetzt wird der Faden langsam nach unten gezogen, so dass sich der Bahnradius auf  $r_B$  verkleinert. Es gilt die Drehimpulserhaltung. –



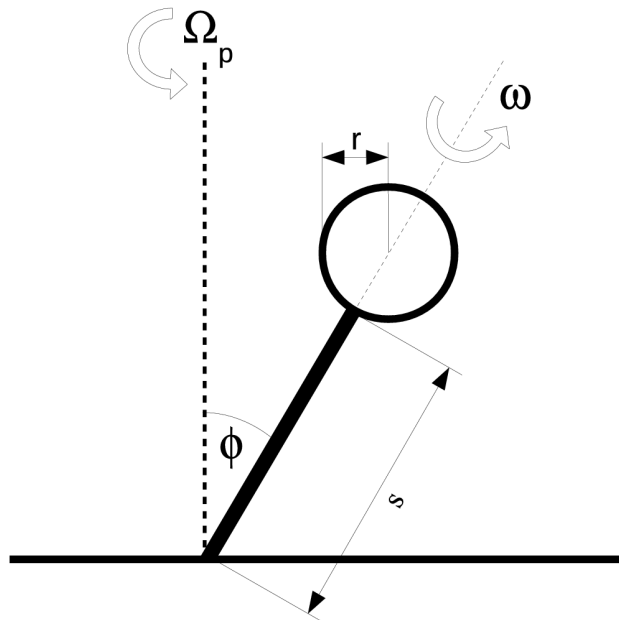
- Wie groß ist der Betrag der Endgeschwindigkeit?
- Berechnen Sie die Zugkraft im Seil in Abhängigkeit vom Bahnradius!
- Welche Arbeit verrichtet die Zugkraft, während der Bahnradius von  $r_A$  auf  $r_B$  verkleinert wird?
- Wie groß ist die kinetische Energie vorher und nachher?

## 2. [6 Punkte] Kreiselpräzession

Ein Kreisel besteht aus einer masselosen Stange und einer daran befestigten Kugel, wie in der Abbildung dargestellt. Die Gewichtskraft greift im Schwerpunkt der Kugel an. Diese Gewichtskraft erzeugt ein Drehmoment welches senkrecht auf dem Drehimpuls des Kreisels steht. Dadurch erfolgt eine zusätzliche Rotation des Kreisels um die z-Achse mit der Winkelgeschwindigkeit  $\Omega_p$ . Diese Bewegung nennt man Präzession.

Der Kreisel rotiert mit  $\nu = 1500$  U/s um seine eigene Achse. Die Kreiselachse schließt mit der z-Achse einen Winkel  $\phi = 24^\circ$  ein. Die Stange ist  $s = 5$  cm lang und die Kugel wiegt  $m = 400$  g mit einem Radius von  $r = 2$  cm.

- Wie groß ist das auf den Kreisel wirkende Drehmoment?
- Wie groß ist der Betrag des Drehimpulses des Kreisels?
- Wie groß ist die Kreisfrequenz, mit der der Kreisel präzediert? Wie hängt sie von der Masse ab?



Hinweis: Für das Drehmoment gilt auch:  $\vec{\tau} = \vec{\Omega}_p \times \vec{l}$ , wobei  $\Omega_p$  die Kreisfrequenz der Präzession und  $l$  der Drehimpuls ist. Nehmen Sie an, dass  $\Omega_p \ll \omega$ , wobei  $\omega$  die Kreisfrequenz der Rotation um die Achse des Kreisels ist.

## 3. [6 Punkte] Überkippen eines Würfels

Ein homogener Würfel der Kantenlänge  $a$  und der Masse  $m$  gleitet zunächst mit konstanter Geschwindigkeit  $v_0$  auf einem glatten horizontalen Tisch. (Vier Kanten des Würfels sind parallel zum Geschwindigkeitsvektor). Eine Schwelle von vernachlässigbarer Höhe (und mit etwas klebrigem Kaugummi daran) stoppt dann die vordere, untere Kante des Würfels.

- Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit unmittelbar nach dem Anstoßen. Um welchen Betrag vermindert sich die kinetische Energie beim Anstoßen?
- Welche Grenzggeschwindigkeit  $v_g$  trennt die Fälle des Zurückfallens und des Überkippen des Würfels?

Hinweis: Ein Würfel mit der Kantenlänge  $a$  und Masse  $m$  hat bezüglich einer kantenparallelen Achse durch den Schwerpunkt das Trägheitsmoment  $I_0 = \frac{1}{6} m a^2$ . Verwenden Sie den Satz von Steiner und vernachlässigen Sie Energieverluste durch den Kaugummi *nach* dem Stoß.

#### 4. [10 Punkte] Trägheitsmomente von Molekülen

Berechnen Sie die Trägheitsmomente der Moleküle  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{H}_3^+$  (Bindungslängen und Winkel wie in der Zeichnung angegeben; Das  $\text{H}_3^+$  Molekül beschreibt ein gleichseitiges Dreieck! Masse des Wasserstoffatoms = 1 AMU, Masse des Sauerstoffatoms = 16 AMU) um die drei Hauptachsen.

Legen Sie dazu ein geeignetes Koordinaten-System fest (sinnvoll ist die Wahl des Schwerpunktes als Ursprung), geben Sie die Koordinaten der Molekülkomponenten an und berechnen Sie anschließend die Trägheitsmomente um die jeweilige Achse durch den Schwerpunkt. Anmerkung: Solche Betrachtungen tauchen später in der Molekülphysik wieder auf ...

