

## 6. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 13/14)

Abgabe am 28./29.11.2013 in den Übungen

Name(n):

Gruppe:

Punkte: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### 6.1 Zweistufige Rakete (25 Punkte)

(\*) Eine zweistufige Trägerrakete der Gesamtmasse  $M_T = 130$  t startet in Vakuum in Schwerelosigkeit. Die Masse  $M_T$  besteht aus der Masse der 2. Stufe plus der Masse der 1. Stufe, die zu 90% aus Treibstoff besteht. Nach Brennschluß der 1. Stufe wird diese abgeworfen und es startet die 2. Stufe, deren Masse  $M_2 = 30$  t aus der Nutzlast  $M_N = 1$  t plus der Masse der Rakete der 2. Stufe besteht, die zu 85% aus Treibstoff besteht. Welche Geschwindigkeit  $v_N$  erreicht die Nutzlast? Die Relativgeschwindigkeit der Treibgase ist  $v_r = 2000$  m/s. Welche Masse müsste eine Einstufenrakete haben, damit sie die Nutzlast auf dieselbe Geschwindigkeit bringt, wenn man annimmt, dass 90% ihrer Masse aus Treibstoff besteht?

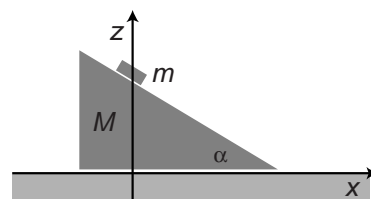
### 6.2 Schwerpunkt (25 Punkte)

Drei Massen  $m_1 = 1$  kg,  $m_2 = 1$  kg und  $m_3 = 2$  kg befinden sich in der  $xy$ -Ebene an den Orten  $\vec{r}_1 = (-a, -a)$ ,  $\vec{r}_2 = (-a, +a)$  und  $\vec{r}_3 = (0, +a)$  mit  $a = 1$  m.

- Berechnen Sie den Ort  $\vec{r}_S$  des Schwerpunkts. Fertigen Sie eine Skizze an.
- An den Massen greifen nun die Kräfte  $\vec{F}_1 = (0, -F)$ ,  $\vec{F}_2 = (0, +F)$  und  $\vec{F}_3 = (+F, 0)$  mit  $F = 1$  N an. Berechnen Sie die Beschleunigung  $\vec{a}_S$  des Schwerpunktes.
- Wie ändert sich die Beschleunigung des Schwerpunkts, wenn statt der gerade genannten Kräfte, die Kräfte  $\vec{F}_1 = (+F, 0)$ ,  $\vec{F}_2 = (0, +F)$  und  $\vec{F}_3 = (0, -F)$  auf die Massen wirken? Gilt Ihre Antwort auch für die Bewegung der einzelnen Massen?
- Geben Sie die Beschleunigung des Schwerpunkts an, wenn, statt der oben betrachteten Kräfte, die Kräfte  $\vec{F}_{ij} = -k\vec{r}_{ij}$  mit der Federkonstante  $k$  zwischen den Massen wirken.

### 6.3 Reibungsloser Keil (50 Punkte)

Ein kleiner Klotz mit Masse  $m$  rutsche, von der Schwerkraft getrieben, reibungsfrei auf einem Keil der Masse  $M$ , der sich reibungsfrei auf einem Tisch bewegen kann. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  befinde sich die Anordnung in Ruhe, der Schwerpunkt des Klotzes sei in einer Höhe  $z = h_0$  über der Tischoberfläche und die horizontale Position des Schwerpunkts sei  $x = 0$ . Auf welcher Bahn  $(x(t), z(t))$  bewegt sich der Schwerpunkt des Klotzes, wenn die Anordnung bei  $t = 0$  losgelassen wird?



*Hinweis:* Wie immer in der Mechanik lässt sich dieses Problem grundsätzlich durch Anwendung von Erhaltungssätzen (Energie und Impuls) oder durch Lösen einer Bewegungsgleichung (Verwendung von Kräften) lösen. Sie müssen nur einen Weg beschreiten. Der erste ist in diesem Fall der leichtere. Wer möchte, darf natürlich auch beide Wege ausprobieren und sich selbst ein Urteil bilden!

Die *Impulserhaltung* hilft, Beziehungen zwischen den Positionen von Klotz und Keil herzuleiten. Auch  $z(x)$  kann berechnet werden. Die *Energieerhaltung* und ein bisschen Mathematik führen dann zum Ziel.

Oder: Sie verwenden nur die auftretenden Kräfte. Achtung: Auch der Keil führt eine beschleunigte Bewegung durch, dies hat Folgen für die Normalkraft zwischen Klotz und Keil.