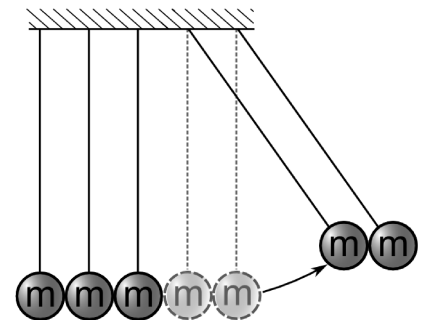
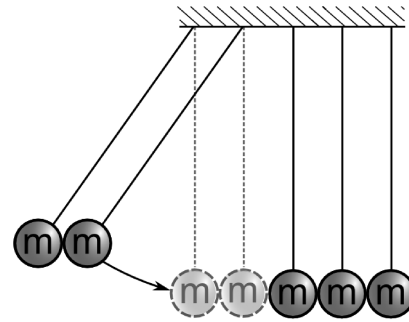




I. Click-Clack

Lässt man beim Click-Clack zwei Kugeln wie in nebenstehender Skizze auf die verbleibenden ruhenden drei Kugeln prallen, so fliegen auch wieder zwei mit gleicher Geschwindigkeit weg. Im Scheiderer Physik Technik wird behauptet, dass sich dies aus der Impuls- und der Energieerhaltung ergibt. Hier wird aber stillschweigend davon ausgegangen, dass die Geschwindigkeit aller wegfliegenden Kugeln gleich ist. Ist das zwingend?



Mit 5 Kugeln der Masse m muss gelten:

$$\sum_{i=1}^5 m v_i = \sum_{i=1}^5 m u_i \Leftrightarrow \sum_{i=1}^5 v_i = \sum_{i=1}^5 u_i$$

$$\sum_{i=1}^5 \frac{1}{2} m v_i^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{1}{2} m u_i^2 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^5 v_i^2 = \sum_{i=1}^5 u_i^2$$

Mit den Geschwindigkeiten $v_1=v_2=(\sqrt{6}+4)\frac{m}{s}$ und $v_3=v_4=v_5=0$ vor dem Stoß und den Geschwindigkeiten $u_1=u_2=u_3=u_4=1\frac{m}{s}$ und $u_5=(2\sqrt{6}+4)\frac{m}{s}$ nach dem Stoß gilt:

$$\sum_{i=1}^5 v_i = v_1 + v_2 + 0 + 0 + 0 = 2 \cdot (\sqrt{6} + 4) \frac{m}{s} = \underbrace{(2\sqrt{6} + 4) \frac{m}{s}}_{=u_5} + \underbrace{4 \frac{m}{s}}_{=u_1+u_2+u_3+u_4} = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 = \sum_{i=1}^5 u_i$$

$$\sum_{i=1}^5 v_i^2 = v_1^2 + v_2^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 = 2 \cdot \left((\sqrt{6} + 4) \frac{m}{s} \right)^2 = 2(6 + 8\sqrt{6} + 16) \frac{m^2}{s^2} = (44 + 8\sqrt{6}) \frac{m^2}{s^2}$$

$$= (4 \cdot 6 + 8\sqrt{6} + 16 + 4) \frac{m^2}{s^2} = \underbrace{(2\sqrt{6} + 4) \frac{m}{s}}_{=u_5^2} + \underbrace{4 \frac{m^2}{s^2}}_{=u_1^2+u_2^2+u_3^2+u_4^2} = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 = \sum_{i=1}^5 u_i^2$$

Impulserhaltung und Energieerhaltung sind also auch mit diesen Werten gegeben!

Ein plausibleres Modell ergibt sich, wenn man annimmt, dass die Impulsübertragung eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

Die Vorhersagekraft des Modells wie in der Skizze angedeutet, lässt sich überprüfen: Prallt eine Kugel mit der Masse M auf die restlichen Kugeln, so müsste unmittelbar nach dem Stoß **nur die letzte** Kugel sich mit $u = \frac{2M}{M+m} v$ entfernen, die anderen bleiben den ersten Moment in Ruhe. Ein einfaches Experiment bestätigt vorerst die Hypothese.

