

1.7.8 Ballistisches Pendel

1 Motivation

Direkte Messung eines Kraftstosses: Der Versuch erlaubt die Messung der Projektilgeschwindigkeit einer Pistolenkugel.

2 Experiment

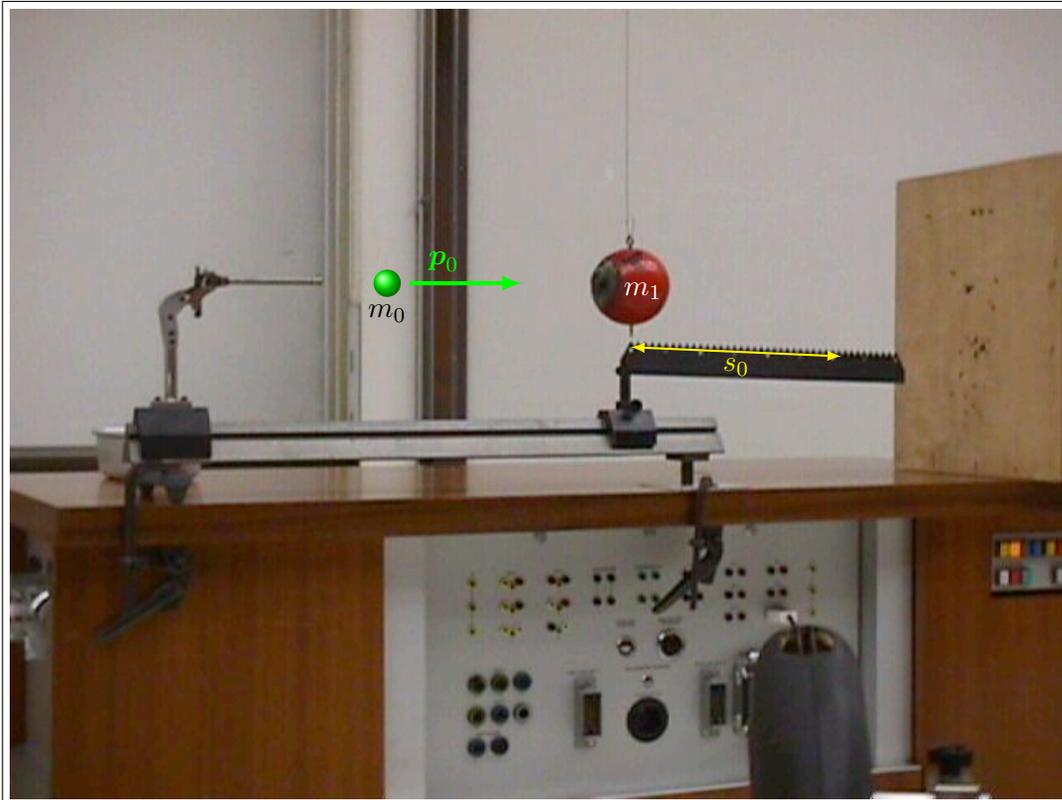


Abbildung 1: Versuchsaufbau „Ballistisches Pendel“.

Mit einer Pistole wird eine Kugel der Masse m_0 mit der Geschwindigkeit v_0 abgefeuert. Das Geschoss trifft eine an einem langen Stahldraht (Länge ℓ) befestigte Kugel der Masse $m_1 \gg m_0$ (siehe Abbn. 1 and 2). Die Schwingungsdauer T des Pendels ist gross im Vergleich zur Stossdauer Δt :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \gg \Delta t \quad (1)$$

Die Kugel bleibt im Plastilin des vorderen Teils der Pendelkugel stecken und überträgt dabei wegen $\Delta t \ll T$ praktisch momentan ihren Impuls auf das gesamte System. Das Pendel wird mit der Anfangsgeschwindigkeit v_1 aus der Ruhelage ausgelenkt und erreicht den maximalen horizontalen Ausschlag $s = s_1$, wobei wir wegen der grossen Pendelfadenlänge ℓ die Kreisbewegung des Pendels linear annähern dürfen.

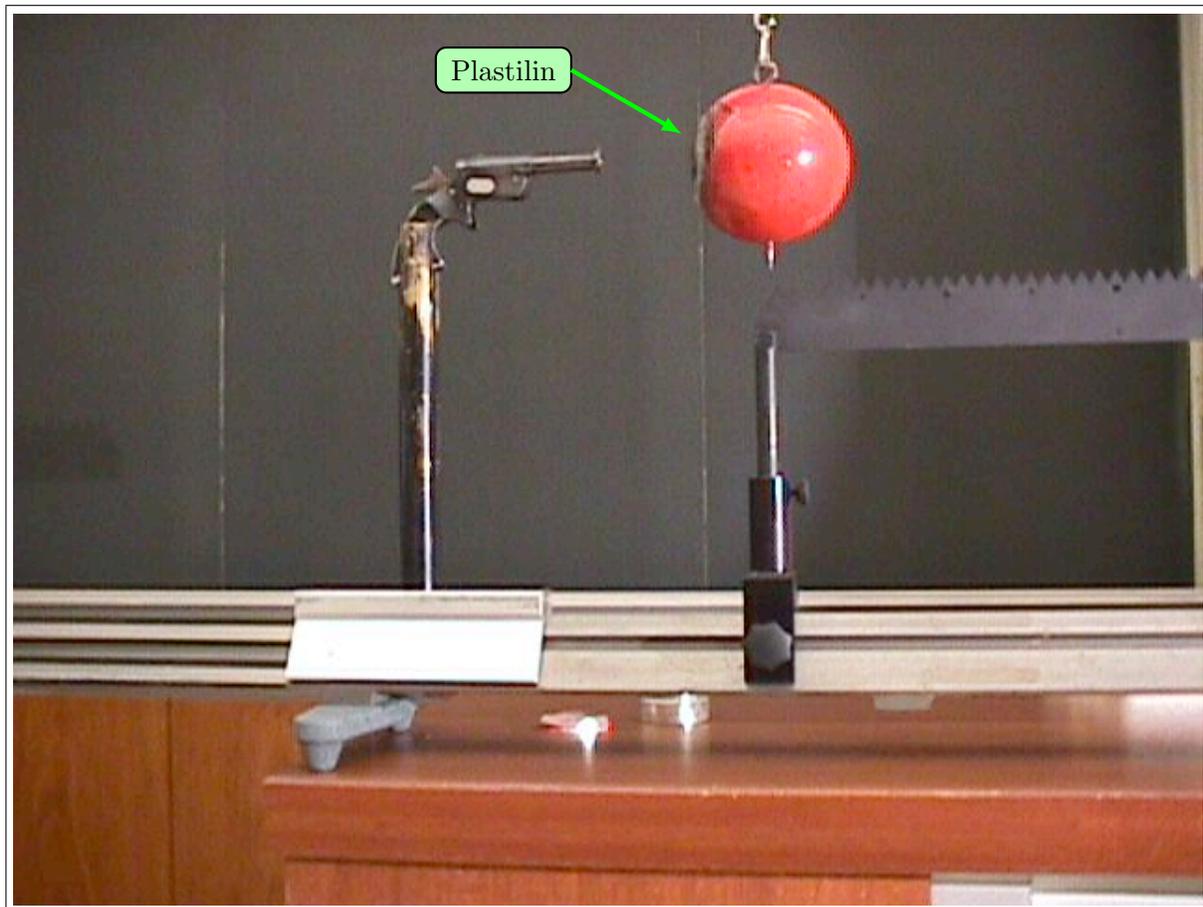


Abbildung 2: Ballistisches Pendel. Die Kugel wird in Plastilin hinein geschossen.

Die Pendelbewegung ist harmonisch:

$$s = s_1 \sin \omega t \quad (2)$$

$$\Rightarrow \dot{s} \equiv v(t) = s_1 \omega \cos \omega t \quad (3)$$

Damit lässt sich v_1 bestimmen:

$$v_1 \equiv v(t=0) = \omega s_0 = s_0 \sqrt{\frac{g}{\ell}} \quad (4)$$

Aus der Impulserhaltung folgt

$$m_0 v_0 = (m_0 + m_1) v_1 \quad (5)$$

$$\Rightarrow v_0 = \left(1 + \frac{m_1}{m_0}\right) \omega s_0 \quad (6)$$

$$\approx \frac{m_1}{m_0} \omega s_0, \quad \text{da } m_0 \ll m_1 \quad (7)$$

Schliesslich erhalten wir für die Geschwindigkeit der Pistolenkugel:

$$v_0 \approx \frac{m_1}{m_0} s_0 \sqrt{\frac{g}{\ell}} \quad (8)$$

Im Experiment ist $m_0 = 1 \text{ g}$, $m_1 = 701 \text{ g}$, $\ell = 5,35 \text{ m}$ und $s_0 = 25 \text{ cm}$. Daraus ergibt sich eine Mündungsgeschwindigkeit $v_0 = 237 \text{ m/s}$.