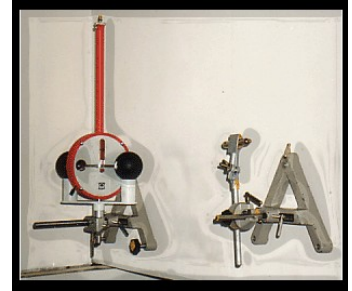




## Bestimmung der Gravitationskonstante $G$ nach Cavendish (1731-1810): Beschleunigungsmethode



In einer Versuchsanordnung beschleunigen zwei kleine Bleikugeln ( $m = 15\text{ g}$ ) aus der Ruhe heraus zu zwei großen Bleikugeln ( $M = 1,5\text{ kg}$ ) hin, dabei wird der Mittelpunktsabstand  $R = 47\text{ mm}$  als konstant angenommen (siehe Rückseite).

### Aufgaben

- 1.1 Bestimmen Sie die Gravitationskraft zwischen je einer großen und kleinen Bleikugel und die daraus resultierende Beschleunigung mit dem Tabellenwert für  $G$ .

#### Lösung:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} = 6,67384 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{1,5\text{ kg} \cdot 0,015\text{ kg}}{(0,047\text{ m})^2} \approx 6,8 \cdot 10^{-10}\text{ N} = 0,68\text{ nN}$$

- 1.2 Berechnen Sie den Weg  $s$ , den eine kleine Kugel in  $90\text{ s}$  zurücklegt.

#### Lösung:

Konstante Beschleunigung und keine Anfangsgeschwindigkeit angenommen:

$$s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{\underbrace{m}_a} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \frac{M m}{R^2} \cdot \frac{1}{m} \cdot t^2 = \frac{G \cdot M}{2 R^2} \cdot t^2$$

$$s = \frac{6,67384 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 1,5\text{ kg}}{2(0,047\text{ m})^2} \cdot 90\text{ s} \approx 1,8 \cdot 10^{-4}\text{ m} = 0,18\text{ mm}$$

- 1.3 Entwickeln Sie eine Formel zur Bestimmung von  $G$  aus dem Ansatz zu Aufgabe 1.1.

#### Lösung:

$$m \cdot a = F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow G = \frac{a \cdot R^2}{M}$$

$\frac{a}{2}$  ist die Steigung der Geraden die sich durch Messung und Auswertung aus dem  $t^2$ - $s$ -Diagramm ergibt.

- 2 Wegvergrößerung durch Lichtzeiger: (siehe Rückseite)

Über die Geometrie der Anordnung lässt sich der sehr kleine, tatsächlich zurückgelegte Weg  $s$  einer kleinen Kugel zum Weg  $S$  des Lichtpunktes auf der Wandskala vergrößern.

Beschreiben Sie Ihrem Nachbarn, wie der Weg des Lichtpunktes entsteht

(Reflexionsgesetz), und begründen Sie so, dass gilt:  $s = \frac{r}{2 \cdot L} \cdot S$ , mit  $r = 50\text{ mm}$ ,



---

halber Abstand der kleinen Kugeln und  $L = 8,10\text{ m}$ , Abstand zwischen Spiegel und Wandskala.

**Lösung:**

Für Winkel  $< 1^\circ$  ist der Fehler im 0,01 % Bereich, d.h.  $s$  kann dem tatsächlichen Weg (ein Bogen) gleichgesetzt werden.

Dann nur noch Strahlensatz anwenden.

**Versuchsdurchführung:**

Bei einer Messung von  $S$  über der Zeit wurden folgende Werte aufgenommen:

$t$ in $s$	15	30	45	60	75	90
$t^2$ in $s^2$	225	900	2025	3600	5625	8100
$S$ in $cm$	0,25	0,75	1,5	3,0	5,0	6,0
$s$ in $m$	$2,50 \cdot 10^{-3}$	$7,50 \cdot 10^{-3}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$	$3,00 \cdot 10^{-2}$	$5,00 \cdot 10^{-2}$	$6,00 \cdot 10^{-2}$

**Auswertung**

- 2.1 Berechnen Sie die Wege  $s$  und ergänzen Sie die Tabelle.
  - 2.2 Berechnen Sie die benötigten Werte und bestimmen Sie durch ein  $t^2$ - $s$ -Diagramm die Beschleunigung  $a$  und begründen Sie Ihr Vorgehen.
  - 2.3 Berechnen Sie nun die Gravitationskonstante  $G$  aus den Daten des Versuches.
-

