Die Bestimmung der Erdbeschleunigung aus dem Fallexperiment mit 21 Messungen während einem freien Fall einer Metallkugel aufgezeichnet mit SYSCOMP Digitizer

Dr. Franz Raemy im Oktober 2010



1. Der Versuchsaufbau

Die Abbildung 1 zeigt den Aufbau des freien Fall Experimentes. Das Magnetfeld B hält die Kugel solange ein Strom durch die Spule fliesst. Die LEDs senden Licht in Richtung der Detektoren. Wenn die Kugel den Schatten auf eine der Lichtempfindlichen Sensoren SFH229 wirft, ändert die Spannung $U_{\scriptscriptstyle A}$ vom Maximalwert auf 0 Volt.

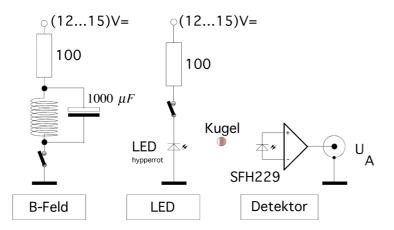


Abbildung 1 Der Versuchsaufbau des freien Falles

2. Die Bestimmung der Geschwindigkeit

Aus dem Weg, der in der Zeit eines Schattenereignisses zurückgelegt wird, bestimmen wir die Geschwindigkeit der Kugel als Funktion der Zeit.

Der Weg, den die Kugel vom Zeitpunkt der Auslösung des Schattenereignisses bis zum Zeitpunkt des Lichtereignisses zurücklegt, beträgt $f = d - \frac{s}{2}$ und ist der folgenden Abbildung 3 zu entnehmen. Darin bedeuten d = 22,22 mm den Durchmesser der Kugel und s = 3 mm die Bohrung für die superhelle LED und für den SFH229 Sensor.

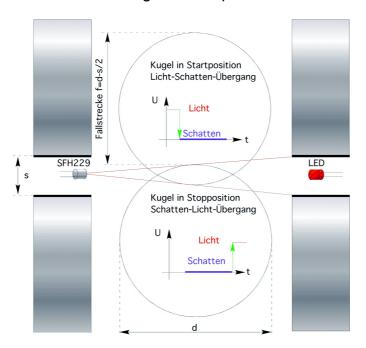


Abbildung 3 Position der Kugel zum Zeitpunkt des Starts und Stopps.

Das folgende Diagramm der Abbildung 4 zeigt die Spannungsaufzeichnung als Funktion der Zeit. Wirft die Kugel einen Schatten auf einen der 21 SFH229 Sensoren, dann fällt die Spannung vom Maximalwert auf 0 V. Bei jedem Durchgang durch den Lichtstrahl entsteht

ein Rechteckimpuls wie er im folgenden Diagramm zu sehen ist. Es sind insgesamt 21 Messpunkte, die 5 cm Abstand voneinander haben. Die Geschwindigkeit der Kugel ergibt sich aus der Division der Fallstrecke f durch die Dauer der Verdunkelung jeweils zum Zeitpunkt in der Mitte zwischen der Abfall- und der Anstiegsflanke.

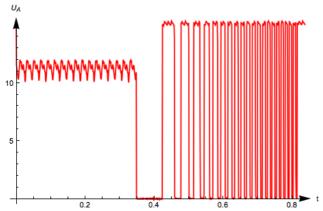


Abbildung 4 Das Zeitsignal aufgezeichnet durch das Syscomp CircuitGear Gerät.

3. Messungen

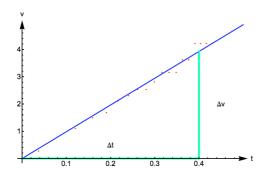
Aus der korrigierten Strecke definiert aus dem Kugeldurchmesser und der Fallzeit wird die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t bestimmt.

_	
t	V
0	0
0.0376832	0.274923573
0.1200128	1.099694293
0.1593344	1.487821691
0.190464	1.686197917
0.217088	2.107747396
0.2404352	2.299360795
0.2613248	2.529296875
0.2809856	2.529296875
0.2994176	2.810329861
0.3162112	3.161621094
0.3325952	3.161621094
0.34816	3.161621094
0.362496	3.61328125
0.3772416	3.61328125
0.3907584	4.215494792
0.4038656	4.215494792
0.4169728	4.215494792
0.4292608	4.215494792

Tabelle 1 Zeit und Geschwindigkeit

4. Das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm v(t)

Aus der Tabelle 1 wird das v-t-Diagramm der Abbildung 5 gezeichnet. Es zeigt, dass die Geschwindigkeit als Funktion der Zeit Punkte liefert, die auf einer Geraden liegen.



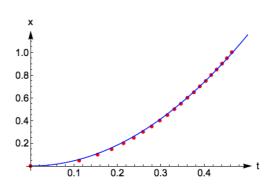


Abbildung 5 5a Das v(t) – Diagramm

5b Das x(t) - Diagramm

5. Die Fallbeschleunigung aus dem Experiment

Die Darstellung der Abbildung 5a gibt uns die Steigung der Geraden. Das Resultat wird Erdbeschleunigung $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ genannt. Bestimmen Sie den Wert von a.

6. Vorschlag

Zeichnen Sie das v(x) Diagramm wie es die Abbildung 6 zeigt. Sie erhalten das Diagramm v(x) indem Sie den Ort x aus der Kenntnis der Zeit t in der Tabelle 1 mit der Formel x(t) berechnen.

$$x(t) = \int v(t)dt = \int a \cdot t \cdot dt = \frac{a}{2}t^{2}$$

Die Kenntnis des Ortes x erlaubt nun die Darstellung der Punkte v(x) als Funktion von x. Die durchgezogene Kurve erhält man aus der Formel für v(x).

$$x(t) = \int v(t)dt = \int a \cdot t \cdot dt = \frac{a}{2}t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2x}{a}} \implies v(x) = a \cdot t = a\sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{2a} \cdot \sqrt{x}$$

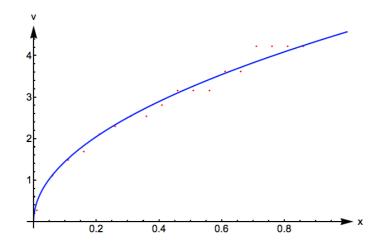


Abbildung 6 Das Diagramm v(x)