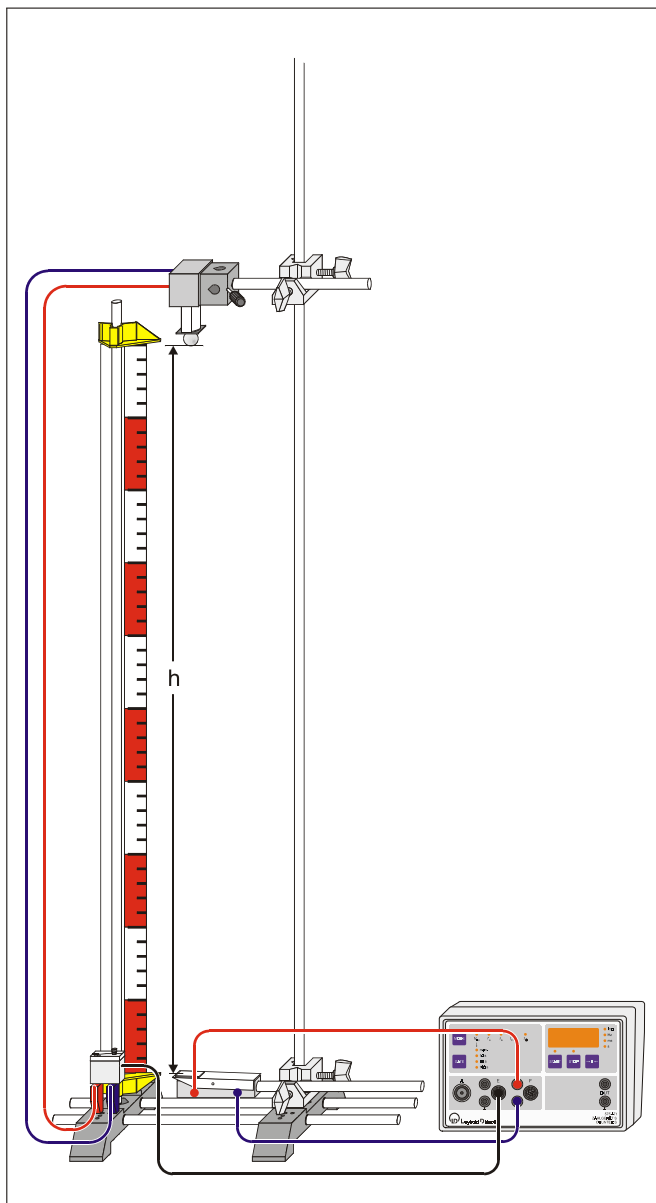


Freier Fall: Zeitmessung mit Kontaktplatte und Zählgerät S

Versuchsziele

- Messung der Fallzeiten einer Kugel zwischen Haltemagnet und Kontaktplatte zur punktwweisen Aufzeichnung des Weg-Zeit-Diagramms.
- Bestätigung der Proportionalität zwischen Fallstrecke und Quadrat der Fallzeit.
- Bestimmung der Fallbeschleunigung.



Grundlagen

Fällt ein Körper im Schwerfeld der Erde aus einer Höhe h auf den Boden, so erfährt er eine konstante Beschleunigung g , solange die Fallstrecke klein ist und Reibung vernachlässigt werden kann. Man bezeichnet seine Bewegung als freien Fall.

Startet der Körper zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$, so legt er in der Zeit t den Weg

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (I)$$

zurück. Der freie Fall ist also ein Beispiel einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Im Versuch wird zur Untersuchung des freien Falls eine Stahlkugel an einen Elektromagneten gehängt (siehe Fig. 1). Sie fällt durch ihre Gewichtskraft

$$F = m \cdot g \quad (II)$$

m : Kugelmasse

gleichmäßig beschleunigt nach unten, sobald der Elektromagnet ausgeschaltet wird. Dann wird auch die elektronische Zeitmessung gestartet. Nach Zurücklegen einer Fallstrecke h fällt die Kugel auf eine Kontaktplatte und stoppt die Messung zur Fallzeit t . Die Messergebnisse für verschiedene Fallstrecken werden als Wertepaare in ein Weg-Zeit-Diagramm eingetragen. Da die Kugel zu Beginn der Zeitmessung ruht, kann mit Gl. (I) die Fallbeschleunigung g bestimmt werden.

Fig. 1 Versuchsaufbau zur Bestimmung der Fallbeschleunigung mit Kontaktplatte und Zählgerät S

Geräte

1 Große Kontaktplatte, inkl. Stahlkugel	336 23
1 Haltemagnet mit Muffe	336 21
1 Haltemagnetadapter mit Auslöser	336 25
1 Zählgerät S	575 471
2 Stativfüße MF	301 21
3 Stativstangen, Ø 10 mm, 25 cm	301 26
1 Stativstange, Ø 12 mm, 150 cm	300 46
2 Leybold-Muffen	301 01
1 Maßstab mit Zeigern	311 23
Experimentierkabel	

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 1 dargestellt.

- Beide Stativfüße MF mit Lochraster nach vorne aufstellen und mit zwei kurzen Stativstangen starr verbinden.
- Im linken Stativfuß MF den Höhenmaßstab festklemmen und rechts die lange Stativstange festklemmen, ohne dass diese den Boden berühren.
- An der Stativstange unten die Kontaktplatte und oben den Haltemagnet montieren.
- Ggf. Kontaktplatte in Nullstellung (waagerechte Lage, d.h. Schalter geschlossen) drücken.
- Höhenmaßstab und Kontaktplatte in der Höhe so ausrichten, dass das schwarze Prallfläche genau die Höhe 0 cm hat.
- Experimentierkabel an Haltemagneten anschließen und die freien Enden in das Lochraster des linken Stativfußes MF stecken.
- Haltemagnetadapter mit Auslöser darauf stecken und andererseits an den Eingang E des Zählgerätes S anschließen.
- 4-mm-Buchsen der Kontaktplatte mittels Experimentierkabeln an die beiden 4-mm-Buchsen des Einganges F des Zählgerätes S anschließen (rechte Buchse an Masse).
- Zählgerät mittels Steckernetzgerät an Netzspannung anschließen
- Um die Kontaktplatte herum weiches Material zur Dämpfung der herunterspringenden Kugel anbringen.
- Kugel an den Haltemagneten hängen und Haltemagnet so ausrichten, dass die herunterfallende Kugel genau auf das schwarze Prallfläche trifft.
- Kugel erneut an den Haltemagneten hängen und Rändelschraube soweit zurückdrehen, dass die Kugel gerade noch haftet.
- Abstand $h = 100$ cm zwischen Unterkante der Kugel und Kontaktplatte einstellen.

Durchführung

- Zählgerät durch mehrfaches Drücken der Taste MODE in die Betriebsart $t_{E \rightarrow F}$ schalten.
- Ggf. Kontaktplatte zurück in Nullstellung drücken.
- Taste START drücken, so dass die zugehörige Status-LED leuchtet.
- Durch zügiges Drücken auf den Taster des Haltemagnetadapters den freien Fall der Kugel auslösen.
- Nachdem die Kugel die Kontaktplatte berührt hat, die Fallzeit ablesen und notieren.
- Durch Absenken des Haltemagneten die Fallstrecke h um 5 cm reduzieren, die Kontaktplatte in Nullstellung drücken und Zählgerät S durch Drücken der Taste Start auf Null zurücksetzen.
- Kugel erneut anhängen und Messung wiederholen.
- Fallstrecke in 5-cm-Schritten reduzieren und jeweils Messung wiederholen.

Messbeispiel

Tab. 1: Für verschiedene Fallstrecken h gemessene Fallzeiten t

$\frac{h}{\text{cm}}$	$\frac{t}{\text{ms}}$	$\frac{h}{\text{cm}}$	$\frac{t}{\text{ms}}$
100	458	50	328
95	448	45	311
90	437	40	292
85	424	35	273
80	411	30	256
75	398	25	233
70	384	20	209
65	374	15	184
60	357	10	149
55	343	5	106

Auswertung**a) Fallstrecken $h = 10$ cm, 40 cm und 90 cm:**

Mit den Werten der Tab. 1 lässt sich berechnen:

$$\frac{t(40 \text{ cm})}{t(10 \text{ cm})} = \frac{0,292 \text{ s}}{0,149 \text{ s}} = 1,96 \approx 2$$

$$\frac{t(90 \text{ cm})}{t(10 \text{ cm})} = \frac{0,437 \text{ s}}{0,149 \text{ s}} = 2,93 \approx 3$$

Die Fallzeiten verhalten sich wie 3 : 2 : 1, wenn sich die Fallstrecken wie 9 : 4 : 1 verhalten.

Die Fallstrecke ist also proportional zum Quadrat der Fallzeit.

b) vollständige Auswertung:

Fig. 2 zeigt das – aus den Daten der Tab. 1 erstellte – Weg-Zeit-Diagramm der Kugel. Die Kugel erfährt eine gleichmäßige Beschleunigung durch ihre Gewichtskraft. Daher ist die zurückgelegte Fallstrecke h keine lineare Funktion der Zeit t , wie die Anpassung einer Parabel an die Messwerte bestätigt.

Zur Linearisierung ist in Fig. 3 die Fallstrecke als Funktion des Quadrats der Fallzeit aufgetragen (vgl. Tab. 2). Die Übereinstimmung der angepassten Ursprungsgeraden mit den Messwerten bestätigt Gl. (I). Aus der Geradensteigung A erhält man

$$g = 2 \cdot A = 9,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Literaturwert der Fallbeschleunigung für Europa:

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Tab. 2: Für verschiedene Fallstrecken h berechnete Werte t^2

$\frac{h}{\text{cm}}$	$\frac{t^2}{\text{s}^2}$	$\frac{h}{\text{cm}}$	$\frac{t^2}{\text{s}^2}$
100	0,210	50	0,108
95	0,201	45	0,097
90	0,191	40	0,085
85	0,180	35	0,075
80	0,169	30	0,066
75	0,158	25	0,054
70	0,147	20	0,044
65	0,140	15	0,034
60	0,127	10	0,022
55	0,118	5	0,011

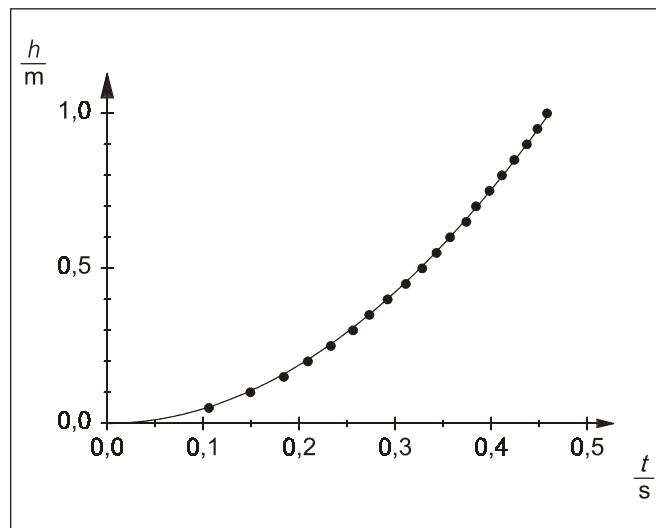


Fig. 2 Weg-Zeit-Diagramm des freien Falls der Kugel

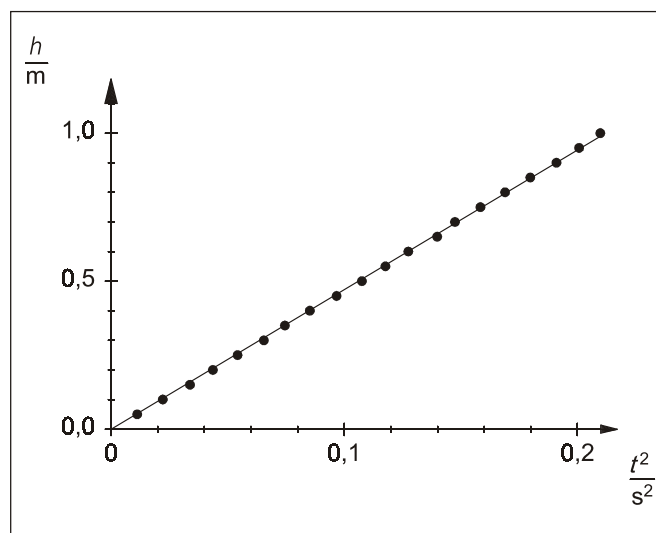


Fig. 3 Fallstrecke in Abhängigkeit vom Quadrat der Fallzeit

Ergebnis

Beim freien Fall ist die Fallstrecke h proportional zum Quadrat der Fallzeit t . Aus dem Proportionalitätsfaktor lässt sich die Fallbeschleunigung g berechnen.

Zusatzinformation

Bei der Auswertung wurde nicht berücksichtigt, dass die Kugel nach Drücken der Starttaste einige Millisekunden verspätet herunterfällt. Dieser Effekt ist um so größer, je weiter die Rändelschraube des Haltemagneten heruntergedreht ist.

Außerdem stoppt die Kontaktplatte die Zeitmessung nach Auftreffen der Kugel etwas verspätet.

Berücksichtigt man in den vorliegenden Messdaten z.B. eine Zeitverschiebung von 7,5 ms, so erhält man insgesamt einen noch besser mit dem Literaturwert übereinstimmenden Messwert für die Fallbeschleunigung.

