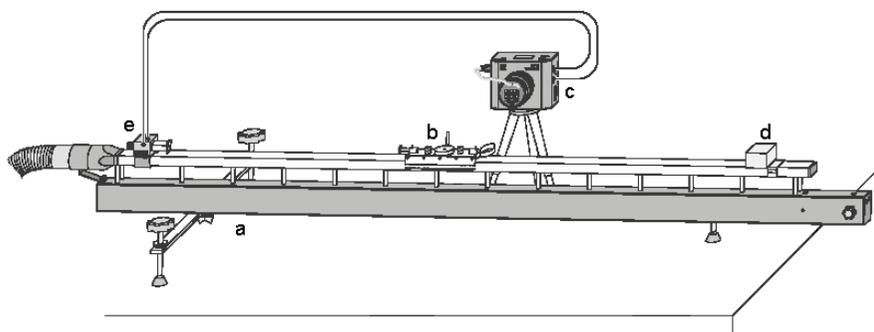


## Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

### Versuch 1b:

### Gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Richtungsumkehr



- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| a: Luftkissenfahrbahn | d: massiver Klotz                 |
| b: Gleiter            | e: Haltemagnet mit Rändelschraube |
| c: VideoCom           |                                   |

#### 1. Versuchsziele

Auf einer Luftkissenfahrbahn soll das Weg-Zeit-Diagramm einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Richtungsumkehr mit Hilfe einer VideoCom aufgezeichnet werden. Dabei ist die gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Richtungsumkehr zu untersuchen und die Geschwindigkeit  $v$  sowie die Beschleunigung  $a$  als Funktion der Zeit zu ermitteln. Ferner sollen die kinetische Energie und die Gesamtenergie der gleichmäßig beschleunigten Masse bestimmt werden.

#### 2. Theoretische Grundlagen

Auf einer geneigten Ebene erfährt ein Massenpunkt eine gleichmäßige Beschleunigung  $a$  in Richtung der Hangabtriebskraft. Startet er mit der Anfangsgeschwindigkeit 0, so legt er in der Zeit  $t_0$  die Strecke

$$s_o = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_o^2 \quad (1)$$

zurück und erreicht dabei die Geschwindigkeit

$$v_o = a \cdot t_o \quad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt

$$t_o = \sqrt{\frac{2 \cdot s_o}{a}} \quad (3)$$

und

$$v_o = \sqrt{2 \cdot s_o \cdot a} \quad (4)$$

Die Beschleunigung des Massenpunktes ändert sich nicht, wenn er sich aufwärts bewegt. Dann nimmt seine Geschwindigkeit dem Betrage nach ab. Eine solche Richtungsumkehr findet z.B. statt, wenn der Massenpunkt am Ort  $s_0$  elastisch reflektiert wird (siehe Abb. 1). Da er mit der Geschwindigkeit  $v_0$  auf die reflektierende Wand trifft, beginnt seine Bewegung nach der Reflexion mit der Anfangsgeschwindigkeit  $-v_0$ . Er bewegt sich mit der Geschwindigkeit

$$v(t) = -v_o + a \cdot (t - t_o) \quad (5)$$

weiter und erreicht zur Zeit  $t$  den Ort

$$s(t) = s_o - v_o \cdot (t - t_o) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (t - t_o)^2 \quad (6)$$

Zum Zeitpunkt

$$t_1 = t_o + \frac{v_o}{a} \quad (7)$$

erreicht der Massenpunkt mit der Geschwindigkeit  $v(t_1=0)$  den Ort  $s(t_1=0)$ . Anschließend wird die Geschwindigkeit positiv; d.h. die Bewegungsrichtung kehrt sich erneut um.

Zum Zeitpunkt

$$t_2 = t_o + 2 \cdot \frac{v_o}{a} \quad (8)$$

erreicht der Massenpunkt wieder mit der Geschwindigkeit  $v_0$  die Reflexionswand, den Ort  $s_0$ . Insgesamt beschreibt seine Weg-Zeit-Kurve eine Parabel mit dem Scheitelpunkt  $P = (t_1, 0)$ .

Die kinetische Energie des Massenpunktes hat wegen (5) den Wert

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (a \cdot (t - t_o) - v_o)^2 \quad (9)$$

Seine potentielle Energie, das Produkt aus der Hangabtriebskraft  $F_H$  und dem von  $s_0$  ausgehend bis  $s$  zurückgelegten Weg, ist wegen (6)

$$E_{pot} = F_H \cdot (s_o - s) = m \cdot a \left( v_o(t - t_o) - \frac{a}{2} \cdot (t - t_o)^2 \right) \quad (10)$$

Eine einfache Rechnung bestätigt, dass die Summe der beiden Energien konstant ist.

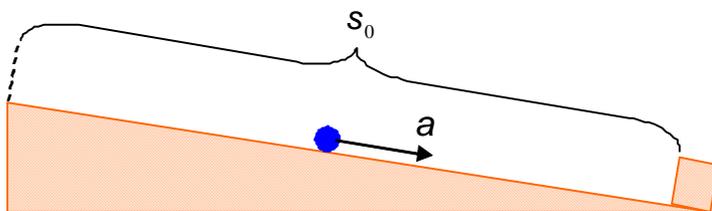


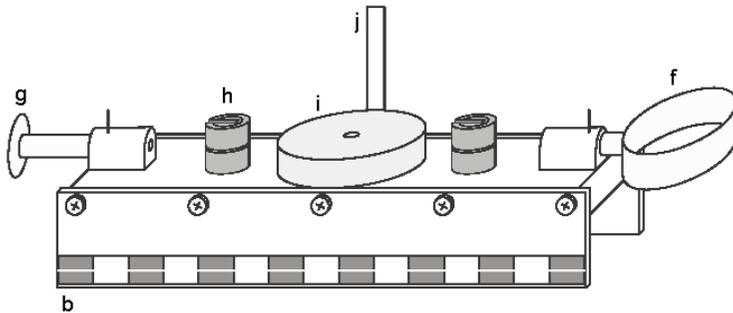
Abb. 1: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung auf einer geneigten Ebene

### 3. Versuchsaufbau

#### Geräteliste

1	Luftkissenfahrbahn	337 501
1	Luftversorgung	337 53
1	Leistungsstellgerät	337 531
1	VideoCom	337 47
1	Steckernetzgerät 230 V / 12 V / 20 W	562 791
1	Kamerastativ	300 59
1	Stativstange 10 cm	300 40
1	Metallmaßstab	311 02
1	Computer mit CASSY Lab	
1	Gewichtszylinder, $m = 2$ kg	

Der Aufbau und Ausrichtung der VideoCom-Kamera, die Einstellung des Haltemagneten, die Verzeichnungskorrektur und die Wegkalibrierung können aus dem Versuch 1a übernommen oder entsprechend des dort beschriebenen Verfahrens durchgeführt werden.



- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| b: Gleiter                 | f: Stoßfeder mit Stecker |
| g: Halteplatte mit Stecker | h: 1g-Massen             |
| i: 100g-Masse              | j: Unterbrecherfahne     |
| k: Prallplatte             |                          |

- Einen Gleiter mit einer Unterbrecherfahne (j), einer Halteplatte (g) und einer Stoßfeder (f) ausrüsten.
- Den Gleiter bis zu einer Gesamtmasse von 200 g aufrüsten; hierzu vier 1 g Massen (h) und eine 100 g Masse (i) auf den Gleiter stecken. Die genaue Masse mit der Waage ermittelt.
- Den Gewichtszyylinder (2 kg) als Prellbock in ca. 120 cm Entfernung vom Haltemagneten am Ende der Fahrbahnschiene aufstellen.
- Die Luftkissenfahrbahn an der Prellbockseite geringfügig absenken, sodass ein leichtes Gefälle weg vom Haltemagneten entsteht.
- Im Programm „VideoCom Bewegungen“ im Fenster „Einstellungen/Wegkalibrierung“ folgende Änderungen im Vergleich zu 1a vornehmen:  
Register „Messvorgaben“:  
Stopp der Messung nach vorgegebener Zeit  $t = 16$  s

#### 4. Versuchsdurchführung

- Messen sie die Weg-Zeit-Diagramme einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Richtungsumkehr für eine Gesamtmasse des Gleiters von 200 g. Stellen sie die Neigung der Fahrbahn so ein, das der Gleiter mindestens zweimal den oberen Umkehrpunkt erreicht.
- Zur Darstellung der Energie die folgenden Eintragungen im Menü „Einstellungen/Wegkalibrierung“ unter Register „Formel“ vornehmen:

Größe: Energie  
 Symbol: E  
 Einheit: mJ  
 Formeln:  $0,5 * m * v^2 + m * a * (s_0 - s_1)$   
 Minimum und Maximum zweckmäßig wählen

m = 200: Masse des Gleiters in g  
 s<sub>0</sub> = 1,0: Entfernung zum Reflexionsort in m  
 a: Mittelwert der Beschleunigung in ms<sup>-2</sup>

#### 5. Auswertung

- Für die Messungen sind die Zeitfunktionen für die folgenden Größen grafisch darzustellen und zu erläutern:
  - Weg
  - Geschwindigkeit
  - Beschleunigung
  - Gesamtenergie

#### Literatur

- [1] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer-Lehrbuch  
 [2] Kuchling: Taschenbuch der Physik, Fachbuchverlag Leipzig  
 [3] Eichler, Kronfeld, Sahn: Das Neue Physikalische Grundpraktikum, Springer-Lehrbuch