

## Leistungskurs Physik (Sachsen): Abiturprüfung 2019

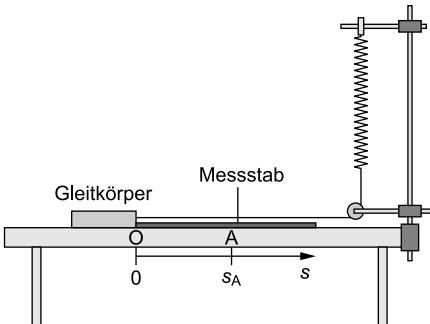
### Aufgabe C 1: Mechanik

Führen Sie Untersuchungen an einem mechanischen System durch. Das System besteht u. a. aus einer Feder und einem Gleitkörper, die über einen Faden verbunden sind. Die Feder wird gespannt, sobald der Gleitkörper über den Ort A hinaus nach links bewegt wird. Die Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau der Experimentieranordnung.

Die vollständig aufgebaute Experimentieranordnung sowie alle erforderlichen Geräte und Hilfsmittel werden Ihnen übergeben.

Planen Sie das Experiment den folgenden Aufgabenstellungen gemäß.

Das planvolle, systematische Experimentieren und die Arbeit mit der Software werden bewertet. (2 BE)



- 1 Ermitteln Sie die Federkonstante  $D$  der Feder. (2 BE)
- 2 Auf dem Tisch sind die Orte O und A markiert. Messen Sie die Länge der Strecke  $\overline{OA}$ . Platzieren Sie den Gleitkörper am Ort O, dadurch ist die Feder gespannt (s. Abbildung). Wenn Sie den Gleitkörper freigeben, bewegt er sich parallel zur  $s$ -Achse und legt bis zum Stillstand den Gleitweg  $s_{\text{Gleit}}$  zurück. Ermitteln Sie diesen Gleitweg. (2 BE)
- 3 Vom Aufsicht führenden Lehrer wird Ihnen ein Rechner bereitgestellt, auf dem die von Ihnen im Unterricht genutzte Software zur Modellbildung installiert ist (s. nächste Seite). Es wurde ein numerisches Modell zur Simulation der Bewegung des Gleitkörpers gebildet und im Programm vollständig eingefügt.
  - 3.1 Der Zeitschritt  $\Delta t$ , die Gesamtmasse  $m$  des Gleitkörpers und der Startwert für die Gleitreibungszahl  $\mu$  werden Ihnen vom Aufsicht führenden Lehrer mitgeteilt. Nutzen Sie am Rechner das geöffnete Programm. Ergänzen Sie die Startwerte. Simulieren Sie die Bewegung und drucken Sie das  $v(s)$ -Diagramm aus. Geben Sie den zurückgelegten Gleitweg an. (2 BE)
  - 3.2 Der bisher in der Simulation genutzte Wert  $\mu$  ist eine Annahme.
    - 3.2.1 Ermitteln Sie unter Nutzung des Modells die Gleitreibungszahl  $\mu$  für die in Aufgabe 2 untersuchte Bewegung des Körpers. Nutzen Sie dazu das Diagramm  $v = v(s)$  Ihrer Simulation sowie das Messergebnis für den Gleitweg. Drucken Sie das  $v(s)$ -Diagramm aus, welches die reale Bewegung des Gleitkörpers beschreibt. (3 BE)
    - 3.2.2 An einem Ort B hat der Gleitkörper die größte Geschwindigkeit. Begründen Sie unter Nutzung der auf den Körper wirkenden Kräfte, dass für den zugehörigen Weg  $s_B < s_A$  gilt. Geben Sie diesen Weg an. Weisen Sie nach, dass für  $s_A \leq s < s_{\text{Gleit}}$  die Beschleunigung des Gleitkörpers konstant ist. (4 BE)

## Zu Teilaufgabe 3.1: Programmzeilen

Software MÖBIUS:

```
FF = D*(sA - s)
If s >= sA then FF = 0
FR = -my*m*g
If v < 0 then FR = 0
F = FR + FF
a = F/m

v = v + a*dt
s = s + v*dt
t = t + dt
```

Software COACH:

```
FF := D*(sA-s)
Wenn s > sA Dann FF:=0 EndeWenn
FR := -my*m*g
Wenn v < 0 Dann FR:=0 EndeWenn
F := FR + FF
a := F/m

v := v + a*dt
s := s + v*dt
t := t + dt
```

## Tipps und Hinweise zu Aufgabe C 1

### Tipp zu Teilaufgabe 1

- Nutzen Sie das Hooke'sche Gesetz oder die vertikale Schwingung einer Feder. Sie haben zwei Möglichkeiten.

### Tipp zu Teilaufgabe 2

- Beachten Sie, dass der Gleitweg der gesamten Strecke zwischen Loslassen und Stillstand des Gleitkörpers entspricht.

### Tipps zu Teilaufgabe 3

- 3.1:** Für jede der im Programm benutzten Variablen benötigen Sie einen Startwert. Einige Startwerte entnehmen Sie der Aufgabenstellung bzw. der Abbildung.
- 3.2.1:** Sie müssen den Startwert für  $\mu$  so lange verändern, bis der Graph den gleichen Gleitweg anzeigt wie den Ihrer Messung in Aufgabe 2.
- 3.2.2:** Lesen Sie den Ort B aus dem Diagramm ab. Er liegt „vor“ dem Ort A. Welche Kräfte wirken zwischen den Orten O und A? Welche alleinige Kraft wirkt hinter dem Ort A?

## Lösung zu Aufgabe C 1

Experimentieranordnung und Messgeräte werden Ihnen vollständig übergeben. Sie brauchen somit keine Geräte und Hilfsmittel anfordern.

- 1 In der ersten Teilaufgabe sollen Sie die **Federkonstante  $D$**  ermitteln. Die Methode hierfür dürfen Sie selbst wählen. Lösen Sie hierzu den Faden, mit dem der Gleitkörper an der Feder befestigt ist, von der Feder.

Die Variante, die in der Abbildung rechts skizziert ist, benutzt das Hooke'sche Gesetz, das besagt, dass die Federkonstante der Proportionalitätsfaktor zwischen einwirkender Spannkraft und Verlängerung der Feder ist. Hier gilt:

$$F_s = D \cdot \Delta s$$

Als Spannkraft benutzen Sie die Gewichtskraft geeigneter Hakenkörper, mit denen Sie die Feder durch Anhängen dehnen. Messen Sie jeweils die Masse des benutzten Hakenkörpers sowie die Strecke, um die sich die Feder tatsächlich ausdehnt (nicht die Länge der Feder!). Führen Sie das Experiment mehrfach durch, um einen Mittelwert für die Federkonstante bilden zu können.

In der folgenden Tabelle finden Sie beispielhaft Messwerte.

$m_{\text{Hakenkörper}} \text{ in kg}$	0,05	0,10	0,15
$F_s \text{ in N}$	0,50	1,0	1,5
$\Delta s \text{ in m}$	0,050	0,099	0,147
$D \text{ in N/m}$	10,0	10,1	10,2

Mittelwertbildung:

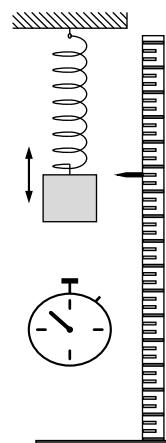
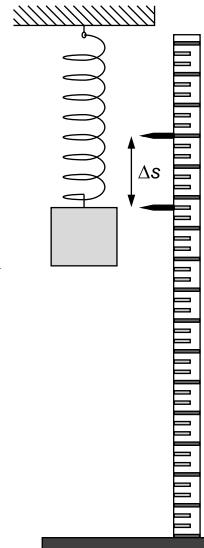
$$\overline{D} = \frac{10,0 \frac{\text{N}}{\text{m}} + 10,1 \frac{\text{N}}{\text{m}} + 10,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{3} = \underline{\underline{10,1 \frac{\text{N}}{\text{m}}}}$$

Alternativ können Sie die Federkonstante mithilfe der Schwingungsdauer  $T$  bestimmen. Befestigen Sie hierzu einen Hakenkörper an der Feder. Lenken Sie den Federschwinger leicht aus. Messen Sie die Zeit für 10 vollständige Schwingungen. Die zugehörige Schwingungsdauer erhalten Sie, indem Sie die gemessene Zeit durch 10 dividieren. Messen Sie noch die Masse des Hakenkörpers.

Die Federkonstante können Sie mithilfe der Schwingungsgleichung für einen vertikalen Federschwinger berechnen:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \Leftrightarrow D = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot m$$

Um zufällige Fehler zu minimieren, sollten Sie auch diese Methode mehrfach durchführen.



- 2 Befestigen Sie den in Teilaufgabe 1 entfernten Faden wieder an der Feder. Messen Sie die Strecke  $OA$ . Beispielhaft erhält man:

$$\overline{OA} = 0,20 \text{ m}$$

Führen Sie jetzt – wie in der Aufgabenstellung beschrieben – das Experiment mit dem Gleitkörper durch. Achten Sie darauf, dass sich der Gleitkörper nahezu parallel zur  $s$ -Achse bewegt und nicht schlingert. Auch dieses Experiment sollten Sie mehrfach durchführen und eine Mittelwertbildung für den Gleitweg vornehmen. Die folgende Tabelle enthält beispielhaft Messwerte.

$\overline{OA}$ in m	0,20	0,20	0,20
$s_{\text{Gleit}}$ in m	0,46	0,44	0,48

$$\overline{s_{\text{Gleit}}} = 0,46 \text{ m}$$

- 3.1 Ergänzen Sie die **Startwerte** des Simulationsprogramms. Beachten Sie, dass in der Regel jede im Programm benutzte Variable mit einem Startwert belegt sein muss. Die Vorgaben aus der Aufgabenstellung betragen im benutzten Beispiel:

- Zeitschritt  $\Delta t = 0,001 \text{ s}$
- Masse des Gleitkörpers  $m = 0,10 \text{ kg}$
- Gleitreibungszahl  $\mu = 0,3$

Die weiteren Startwerte müssen Sie selbst erkennen und eintragen:

- Startzeit  $t = 0 \text{ s}$
- Anfangsweg  $s = 0 \text{ m}$
- Anfangsgeschwindigkeit  $v = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Fallbeschleunigung  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Als Startwerte für die Federkonstante sowie die Strecke  $s_A$  benutzen Sie die von Ihnen in den vorangegangenen Teilaufgaben ermittelten Werte, hier:

- $D = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
- $s_A = 0,20 \text{ m}$

Zusammenfassung der Startwerte:

$t := 0; dt := 0,001; D := 10; sA := 0,2; s := 0; g := 9,8; m := 0,10; my := 0,3; v := 0$

Überprüfen Sie durch Starten des Programms, ob die Simulation „lauffähig“ ist. Fügen Sie anschließend im Simulationsprogramm das geforderte  $v(s)$ -Diagramm ein. Wählen Sie hierzu als unabhängige Größe für die  $x$ -Achse den Weg  $s$ , für die abhängige Größe auf der  $y$ -Achse die Geschwindigkeit  $v$ . Normieren Sie die Achsen so, dass Ihnen das Ablesen von Werten gut möglich ist.

Für Benutzer des Möbius-Programms: Überlassen Sie die Normierung der Programm-automatik.

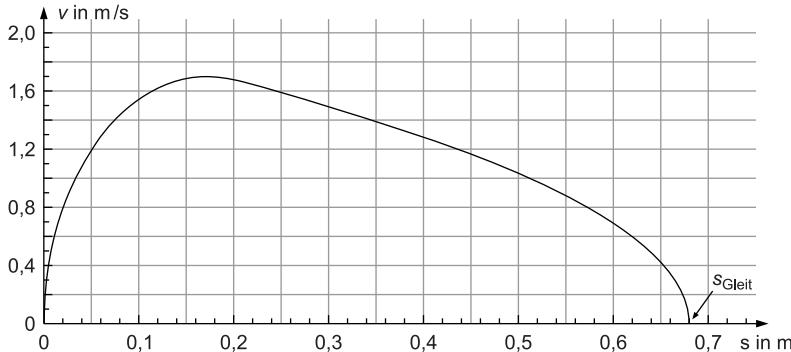
Drucken Sie das  $v(s)$ -Diagramm aus und ergänzen Sie – falls nicht vorhanden – die Achsenbeschriftungen (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).

Lesen Sie den **zurückgelegten Gleitweg** als Nullstelle des Graphen aus dem Diagramm ab. Im vorliegenden Beispiel gilt:

$$\overline{s_{\text{Gleit}}} = 0,68 \text{ m}$$

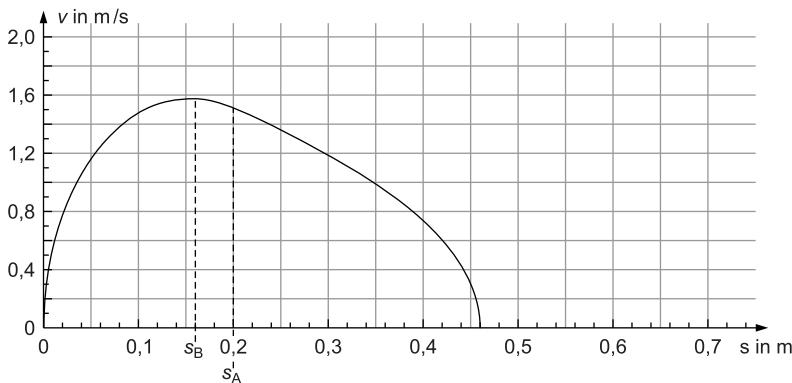


Wird das Diagramm nicht vollständig dargestellt, vergrößern Sie die Anzahl der Wiederholungen. Analog müssen Sie diese Anzahl verringern, wenn zusätzliche Linien auf dem Diagramm zu sehen sind.



3.2.1 Jetzt sollen Sie das **Modell** so **anpassen**, dass es mit Ihrem Realexperiment übereinstimmt. Nur der vorgegebene Wert für die Gleitreibungszahl  $\mu$  ist eine Annahme, die anderen Einflussgrößen wie Masse, Fallbeschleunigung, Federkonstante und Spannstrecke entsprechen bereits den realen Größen.

- Variieren Sie den Startwert für die Gleitreibungszahl hin zu größeren Werten, bis der Gleitweg der Simulation mit dem von Ihnen ermittelten Wert von Teilaufgabe 2 übereinstimmt.
- Drucken Sie auch dieses Diagramm aus und notieren Sie den für die Gleitreibungszahl ermittelten Wert.



Im vorliegenden Beispiel beträgt die **Gleitreibungszahl** für den gemessenen Gleitweg  $s_{\text{Gleit}} = 0,46 \text{ m}$ :

$$\underline{\underline{\mu = 0,44}}$$

3.2.2 Jetzt sollen Sie ohne weitere experimentelle Tätigkeit arbeiten. Zur Veranschaulichung des Sachverhaltes dient das Diagramm der vorangegangenen Teilaufgabe. Deutlich sichtbar ist, dass die Geschwindigkeit des Gleitkörpers ein Maximum besitzt. Kennzeichnen Sie das **Maximum** und geben Sie den **zugehörigen Weg  $s_B$**  an. Hier gilt:

$$\underline{\underline{s_B = 0,16 \text{ m}}}$$

Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass  $s_B$  (0,16 m) kleiner als  $s_A$  (0,20 m) ist. Führen Sie in Ihrer **Begründung** an, dass der Gleitkörper so lange mit der Gesamtkraft  $F$  beschleunigt, wie die Spannkraft der Feder  $F_F$  noch größer als die der Bewegung entgegen gerichtete Reibungskraft  $F_R$  ist, denn es gilt:

$$\underline{\underline{F = F_F - F_R}}$$

Während der Betrag der Reibungskraft über die gesamte Wegstrecke konstant bleibt, sinkt gemäß dem Hooke'schen Gesetz die Federspannkraft mit immer kleiner werdenden Spannwegen. Am Ort B haben beide Kräfte den gleichen Betrag, die Gesamtkraft  $F$  und damit die Beschleunigung  $a$  sind hier null, die maximale Geschwindigkeit ist erreicht. Da die Feder noch immer, wenn auch nur geringfügig, gespannt ist, gilt:

$$\underline{\underline{s_B < s_A}}$$

Für den abschließenden Nachweis, dass die **Beschleunigung** für  $s_A \leq s < s_{\text{Gleit}}$  **konstant** ist, nutzen Sie die Feststellung, dass nach Passieren des Ortes A auf den Gleitkörper ausschließlich die konstante Reibungskraft wirkt. Nach dem Newton'schen Grundgesetz gilt somit:

$$\underline{\underline{a = \frac{F_R}{m} = \text{konst.}}}$$