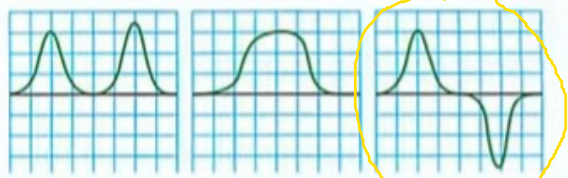


*Q1PhG1 2016/17*

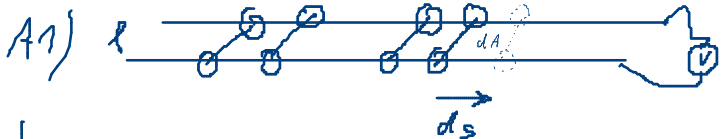
# Aufgaben

**A2** Ein Stabmagnet fällt durch eine Spule. Dabei wird der zeitliche Verlauf der Spannung an der Spule gemessen.

- a) Erläutern Sie, wann Spannungen auftreten.
- b) Begründen Sie, welches der drei  $t$ - $U$ -Diagramme den Spannungsverlauf am treffendsten darstellt.



c) Erläutern und skizzieren Sie, wie sich der Spannungsverlauf ändert, wenn der Magnet aus einer größeren Höhe durch die Spule fällt.



a)  $U_{ind} = -\dot{\phi} = -B_v \cdot \frac{dA}{dt} = -B_v \cdot \frac{l \cdot ds}{dt} = -B_v \cdot l \cdot v \approx 2,5 \text{ mV}$

b)  $\phi = \text{konst.} \Rightarrow U_{ind} = 0$

c)  $U$  viel zu klein

A2) Pkt. B negativ (Lorentzkr.)

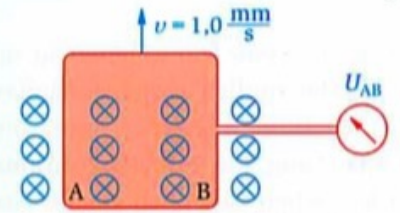
wie oben  $\Rightarrow U_{ind} = n \cdot B \cdot d \cdot v$

$$= 500 \cdot 2,1 \text{ mT} \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= 63 \text{ mV}$$

**A1** a) Ein Eisenbahnzug fährt mit  $v = 40 \text{ m/s}$  über eine waagerechte Strecke. Zwischen den isolierten Schienen (Spurweite  $1435 \text{ mm}$ ) liegt ein Spannungsmesser. Berechnen Sie seine Anzeige, wenn die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes  $B_v = 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  beträgt. Diskutieren Sie, ob die Zahl der Achsen des Zuges eine Rolle spielt. b) Erläutern Sie, was ein mitfahrender Spannungsmesser anzeigt. c) Erläutern Sie, ob man mit diesem Effekt die Wagen beleuchten könnte.

**A2** Ein quadratisches Rähmchen mit der Kantenlänge  $6,0 \text{ cm}$  hat  $500$  Windungen. Das homogene Magnetfeld hat die Flussdichte  $B = 2,1 \text{ mT}$ . Seine  $B$ -Feldlinien sind in die Zeichenebene hinein gerichtet. Das Rähmchen befindet sich teilweise im  $B$ -Feld. Es wird mit der konstanten Geschwindigkeit  $1,0 \text{ mm/s}$  nach oben gezogen. Erläutern Sie die Polung der Spannung zwischen A und B. Berechnen Sie die Spannung  $U_{AB}$ , bevor das Rähmchen das  $B$ -Feld verlässt.



befindet sich teilweise im  $B$ -Feld. Es wird mit der konstanten Geschwindigkeit  $1,0 \text{ mm/s}$  nach oben gezogen. Erläutern Sie die Polung der Spannung zwischen A und B. Berechnen Sie die Spannung  $U_{AB}$ , bevor das Rähmchen das  $B$ -Feld verlässt.

## Die Fadenstrahlröhre

- 1.1. Schildern sie kurz die Funktionsweise einer Fadenstrahlröhre und erläutern Sie, welche physikalischen Erkenntnisse es liefert.
- 1.2. Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen zunächst mit Hilfe einer Elektronenkanone beschleunigt. Im homogenen Magnetfeld eines stromdurchflossenen Helmholtz-Spulenpaares bewegen sie sich dann auf einer Kreisbahn.
  - a) Begründen Sie, warum die Elektronen eine Kreisbahn durchlaufen.

Nehmen Sie nun an, dass die Elektronen vertikal nach oben aus der Elektronenkanone herausgeschossen werden. Die Richtung des Magnetfeldes weise von vorn nach hinten (also in die Zeichenebene hinein).

- b) Fertigen Sie eine Skizze an. In welche Richtung werden die Elektronen im Fadenstrahlrohr abgelenkt?
- c) Wie ändert sich die Bewegung, wenn das Magnetfeld von hinten nach vorn (also aus der Zeichenebene heraus) weist?

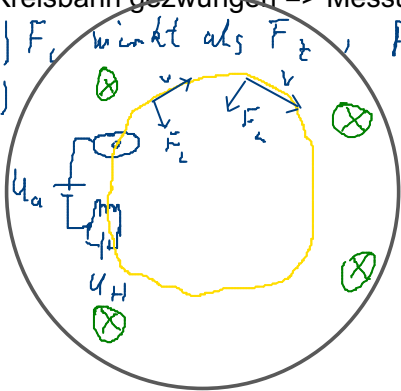
- 1.3. Für den Radius  $r$  gilt in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_a$  und der Magnetfeldstärke  $B$ :

$$r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U_a}{e \cdot B^2}$$

Leiten Sie die angegebene Formel für den (quadratischen) Radius theoretisch her.

1.1. "e-Kanone" (Glühdraht, Beschl.-Sp.), teilw. evakuiert oder mit H gefüllt, e werden durch B-Feld auf eine Kreisbahn gezwungen => Messung von  $e/m$ , bei Kenntnis von  $e$  folgt also  $m$

1.2. a)  $F_c$  wirkt als  $F_z$ ,  $F_c \perp v$ , wenn  $v \perp B$ : Kreisbahn, sonst Spirale  
 b)  $(\vec{F}_c = q \cdot \vec{v} \times \vec{B})$



c) "Kreis" nach links (gg Glaswand)

$$1.3. \quad F_c = F_z \quad \Leftrightarrow \quad e v B = m \frac{v^2}{r} \quad , \quad E_{pot} = E_{kin}$$

$$\Leftrightarrow \quad e^2 B^2 = m^2 \frac{v^2}{r^2} \quad \Leftrightarrow \quad e U_a = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Leftrightarrow \quad e^2 B^2 = \frac{m^2 2 e U_a}{r^2 m} \quad \Leftrightarrow \quad v^2 = \frac{2 e U_a}{m}$$

$$\Leftrightarrow \quad e B^2 r^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Leftrightarrow \quad r^2 = \frac{2 m U_a}{e B^2} \quad \text{q. e. d.}$$

- 1.4. Die magnetische Flussdichte  $B$  des Magnetfeldes wird mit Hilfe einer geeigneten Apparatur bestimmt. Es sei hier  $B = 0,88\text{mT}$ . In Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_a$  wird dann der Radius  $r$  der Kreisbahn ausgemessen. Dabei werden die folgenden Wertepaare festgestellt:

$U_a$ in V	90	110	130	150	170	190	210	230
$r$ in cm	3,7	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,8	6,0
$r^2$ in $\text{cm}^2$	13,69	17,64						36

- a) Füllen Sie die dritte Tabellenzeile. Tragen Sie die Werte in ein  $U_a$ - $r^2$ -Diagramm ein ( $U_a$  in V nach rechts,  $r^2$  in  $\text{cm}^2$  nach oben), sodass der Graph eine Ursprungsgerade wird. Wählen Sie für die Achsen jeweils einen geeigneten Maßstab.
- b) Ermitteln Sie in Ihrer Zeichnung die Steigung der Geraden (in  $\frac{\text{cm}^2}{\text{V}}$  bzw. in  $\frac{\text{m}^2}{\text{V}}$ ).
- c) Bestimmen Sie mithilfe der ermittelten Steigung und der oben angegebenen Formel die Elektronenmasse (die Elementarladung  $e$  sei bekannt, s. Formelsammlung). Vergleichen Sie den gefundenen Wert mit dem Literaturwert.

a) u. b) 
$$\frac{\Delta r^2}{\Delta U_a} = 0,156 \frac{\text{cm}^2}{\text{V}}$$

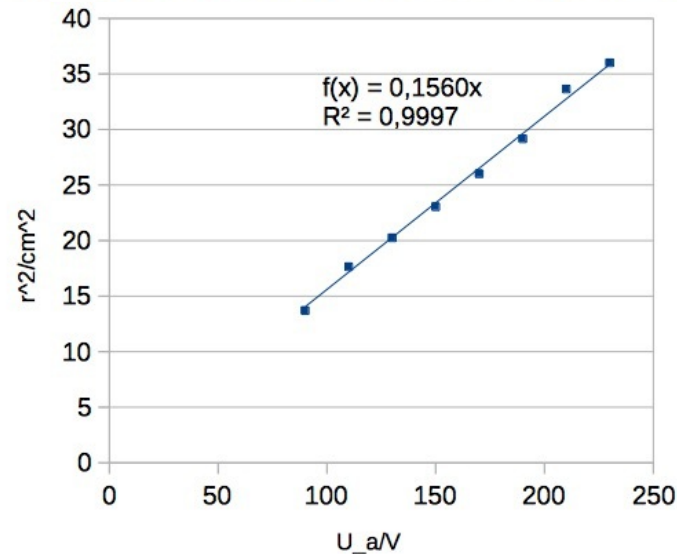
c)  $r^2 = 0,156 \frac{\text{cm}^2}{\text{V}} U_a$  und  $r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U_a}{e \cdot B^2}$

(Koeffizientenvergleich:)

$$\Rightarrow m = 0,156 \frac{\text{cm}^2}{\text{V}} \cdot e \cdot B^2 / 2$$

$$= 9,66 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\frac{\Delta m}{m_{\text{Lit}}} = \frac{|m_{\text{Lit}} - m|}{m_{\text{Lit}}} = 6\%$$



# Harmonische Schwingungen

S.94f lesen, SE: D messen, m messen & T bestimmen & f berechnen

HA: Modell für s(t) mit  $F = mg - Ds \Rightarrow T$  ablesen/f berechnen

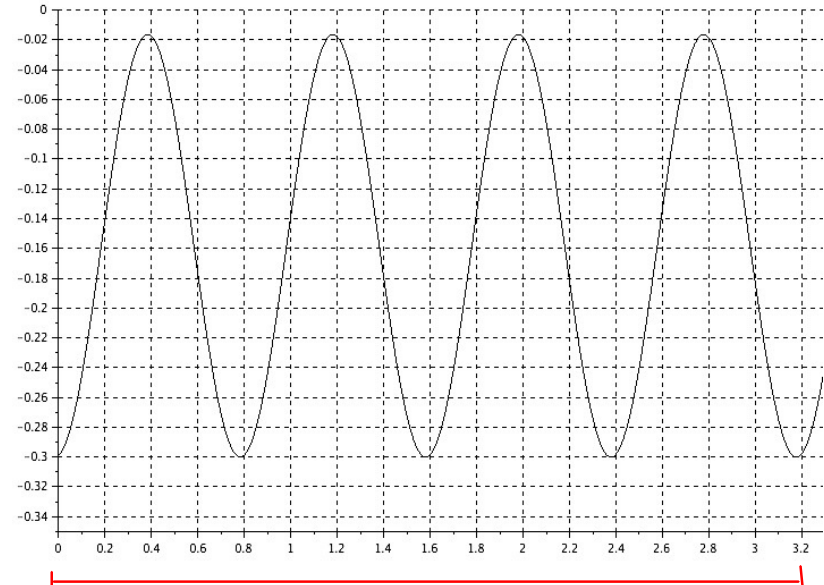
Bsp.:

$D = 31 \text{ N/m}$ ,  $m = 0,5 \text{ kg}$

$T = 16\text{s}/20 = \underline{\underline{0,8 \text{ s}}} \Rightarrow f = 1,25 \text{ Hz}$

mit Scilab:

```
1  clf;
2  m= 0.5;
3  D=31;
4  g=9.81;
5  s=-0.3;
6  v=0;
7  a=0;
8  dt=0.01;
9
10 T=[]; S=[];
11
12 for t=0:dt:5
13     a=-g-D*s/m; // g immer nach unten; Rueckstellkraft
14     // nach oben, wenn s negativ u. umgekehrt
15     v=v+a*dt;
16     s=s+v*dt;
17     T=[T,t];S=[S,s];
18 end
19 plot2d(T,S);
20 xgrid
21
```



$$T = \frac{3,2\text{s} - 0\text{s}}{4} = \underline{\underline{0,8\text{s}}}$$

T (Exp.)	T (Simul.)	$T = 2\pi \cdot \sqrt{m/D}$
0,8	0,77	0,773
0,6	0,65	0,773
0,74	0,79	0,798
0,74	0,7	0,777
0,8	0,8	0,798

jeweils in s

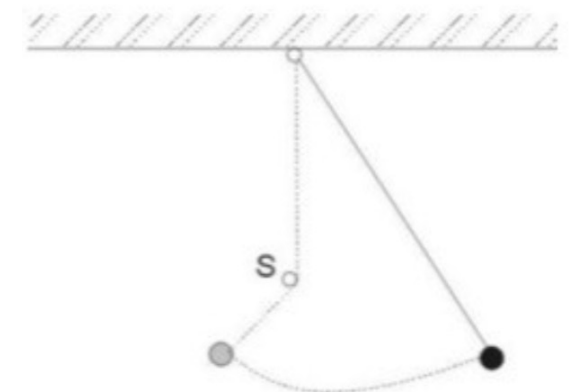
Beim Fadenpendel gilt:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

HA: S.95-97 lesen u. verstehen, S.101:

**A2** An einer Schraubenfeder hängt ein Körper der Masse  $m = 200$  g. Sie ist dadurch um 40 cm gedehnt. Aus dieser Gleichgewichtslage wird der Körper nun um 10 cm angehoben und losgelassen. Die darauf folgende Schwingung sei harmonisch. **a)** Berechnen Sie Periodendauer, Frequenz und Winkelgeschwindigkeit. **b)** Berechnen Sie die Geschwindigkeit durch die Gleichgewichtslage. Geben Sie für die Phase  $\varphi = \pi$  ( $\varphi = 0$ ) jeweils die Richtung des Geschwindigkeitsvektors an. **c)** Die Zeit-

40 cm unter dem Aufhängpunkt eines 60 cm langen Fadenpendels befindet sich ein fester Stift S, an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt. Berechne die Frequenz der Schwingung!



$$\frac{\alpha(^{\circ})}{360^{\circ}} = \frac{\alpha(\text{rad})}{2\pi} \Leftrightarrow \alpha(\text{rad}) = \frac{\pi}{180^{\circ}} \alpha(^{\circ})$$

HA: S.95-97 lesen u. verstehen, S.101:

**A2** An einer Schraubenfeder hängt ein Körper der Masse  $m = 200 \text{ g}$ . Sie ist dadurch um  $40 \text{ cm}$  gedehnt. Aus dieser Gleichgewichtslage wird der Körper nun um  $10 \text{ cm}$  angehoben und losgelassen. Die darauf folgende Schwingung sei harmonisch. **a)** Berechnen Sie Periodendauer, Frequenz und Winkelgeschwindigkeit. **b)** Berechnen Sie die Geschwindigkeit durch die Gleichgewichtslage. Geben Sie für die Phase  $\varphi = \pi$  ( $\varphi = 0$ ) jeweils die Richtung des Geschwindigkeitsvektors an.

$$\text{a) } D = \frac{F}{s} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,4 \text{ m}} \\ = 5 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} = 1,25 \text{ s}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = 0,8 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \\ = 5 \text{ s}^{-1}$$

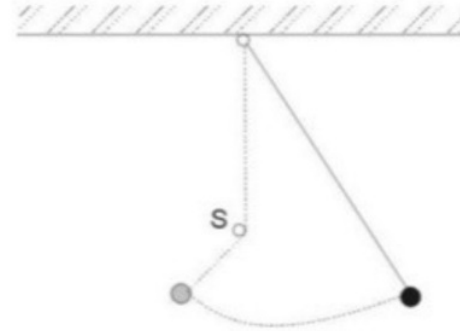
$$\text{b) } s(t) = \hat{s} \cdot \cos(\omega t)$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s} = -\hat{s} \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow \hat{v} = \hat{s} \cdot \omega = 0,1 \text{ m} \cdot 5 \text{ /s} = 0,5 \text{ m/s}$$

$40 \text{ cm}$  unter dem Aufhängpunkt eines  $60 \text{ cm}$  langen Fadenpendels befindet sich ein fester Stift S, an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt. Berechne die Frequenz der Schwingung!

$$\left[ \text{normal:} \right. \\ \left. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \right]$$



$$T = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \left[ \sqrt{\frac{0,6 \text{ m}}{g}} + \sqrt{\frac{0,2 \text{ m}}{g}} \right] \\ = \underline{\underline{1,235}}$$