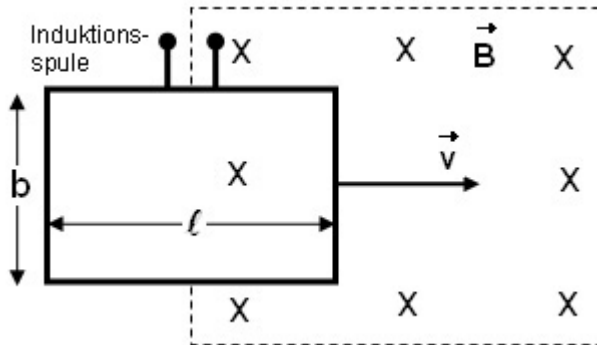


**Abschlussprüfung Berufliche Oberschule 2011**  
**Physik 12 Technik - Aufgabe I - Lösung**

**Teilaufgabe 1.0**

Eine flache Induktionsspule ist auf einem Schlitten, der sich auf einer horizontalen Unterlage reibungsfrei bewegen kann, fest montiert. Die Induktionsspule hat die Windungszahl  $N = 200$  und einen rechteckigen Querschnitt mit den Seitenlängen  $l = 8.0 \text{ cm}$  und  $b = 6.0 \text{ cm}$ .

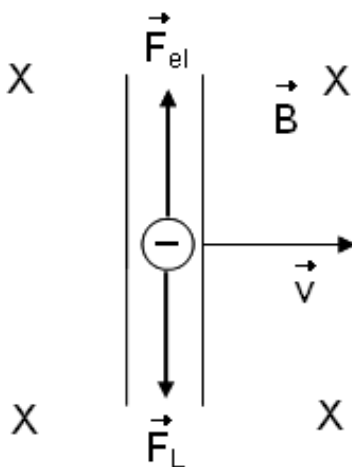


**Teilaufgabe 1.1.0**

Der Schlitten mit der Induktionsspule wird mit einer konstanten Geschwindigkeit  $\vec{v}$  in ein homogenes Magnetfeld mit der zeitlich konstanten Flussdichte  $\vec{B}$  hineinbewegt. Die Flussdichte  $\vec{B}$  hat den Betrag  $B = 120 \text{ mT}$ , die Geschwindigkeit  $\vec{v}$  den Betrag  $v = 3.0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ .

**Teilaufgabe 1.1.1 (6 BE)**

Beim Eintauchen der Spule in das Magnetfeld werden in den rechten Querleitern Elektronen verschoben, so dass zwischen dem oberen und dem unteren Ende eines Querleiters eine konstante Induktionsspannung mit dem Betrag  $U_1$  entsteht. Erläutern Sie, wie es durch die Elektronenverschiebung zu der konstanten Induktionsspannung kommt, und zeigen Sie, ausgehend von einem Kraftansatz, dass gilt:  $U_1 = b \cdot v \cdot B$



Auf bewegte Ladungen im homogenen  $\vec{B}$  - **Feld** wirkt die

Lorentzkraft  $\vec{F}_L = (-e) \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ .

Durch Ladungsverschiebung entsteht ein  $\vec{E}$  - **Feld** mit

$\vec{F}_{el} = (-e) \cdot \vec{E}$ .

Die elektrische Feldstärke  $\vec{E}$  wächst, bis sich das elektrodynamische Gleichgewicht mit  $\vec{F}_{el} = -\vec{F}_L$  einstellt.

$F_{el} = F_L$  und  $\vec{v} \perp \vec{B} \Leftrightarrow (-e) \cdot \vec{E} = (-e) \cdot \vec{v} \cdot \vec{B}$

Mit  $U_1 = \frac{E}{b}$  gilt:  **$U_1 = b \cdot v \cdot B$**

**Teilaufgabe 1.1.2 (3 BE)**

Berechnen Sie den Betrag  $U$  der an den Enden der Spule auftretenden Induktionsspannung.

$N$  Windungen:  $U_i = N \cdot U_1 = N \cdot b \cdot v \cdot B$

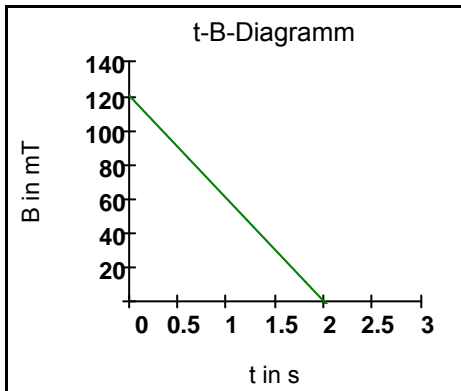
$U_i := 200 \cdot 6.0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m} \cdot 3.0 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot \text{T}$        $U_i = 0.043 \text{ V}$        $U_i = 43 \cdot \text{mV}$

**Teilaufgabe 1.2.0**

Die Spule ist, wie in der oben stehenden Skizze dargestellt, zur Hälfte in das Magnetfeld eingetaucht. Der Betrag der magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$  wird innerhalb von  $2.0 \text{ s}$  gleichmäßig von  $120 \text{ mT}$  auf  $0 \text{ mT}$  heruntergeregelt. Dabei bleibt der Schlitten mit der Spule in Ruhe.

**Teilaufgabe 1.2.1 (4 BE)**

Die nun zwischen den Enden der Spule auftretende Induktionsspannung hat den Betrag  $U_2$ . Berechnen Sie  $U_2$ .



$$U_2 = -N \cdot \left( \frac{d}{dt} \Phi(t) \right) = -N \cdot \left[ \frac{d}{dt} (A \cdot B(t)) \right] = -N \cdot A \cdot \left( \frac{d}{dt} B(t) \right)$$

Lineare Änderung der magnetischen Flussdichte:

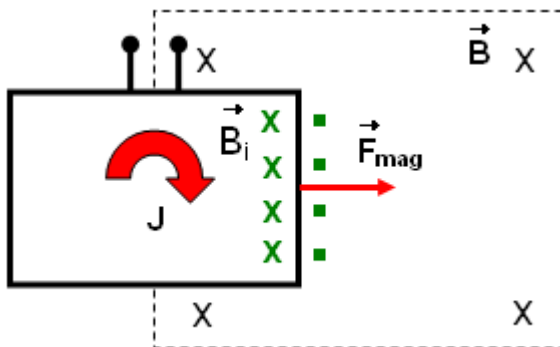
$$U_2 = -N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = -N \cdot \frac{a \cdot b}{2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$U_2 := -200 \cdot \frac{6.0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m} \cdot 8.0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}}{2} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3} \cdot \text{T}}{2.0 \cdot \text{s}}$$

$U_2 = -0.029 \text{ V}$        $U_2 = -29 \cdot \text{mV}$

**Teilaufgabe 1.2.2 (5 BE)**

Die Enden der Spule werden leitend verbunden. Der Versuch aus 1.2.0 wird wiederholt. Dabei kann man beobachten, dass der Schlitten mit der kurzgeschlossenen Induktionsspule aus der Ruhe heraus nach rechts beschleunigt wird. Geben Sie für diese Beobachtung eine ausführliche Erklärung.



Das Magnetfeld  $B$  und damit der magnetische Fluss  $\Phi$  nehmen ab. Nach der Lenzschen Regel fließt ein Induktionsstrom so, dass der Abbau des Magnetfeldes verhindert wird. Der Induktionsstrom baut ein Magnetfeld  $B_i$  auf, welches sich mit dem schwächer werdenden Magnetfeld  $B$  überlagert. Innerhalb der Spule verstärken sich die Felder, außerhalb schwächen sie sich. Es ergibt sich eine resultierende Kraft  $F_{\text{mag}}$  nach rechts.

**Teilaufgabe 2.0**

Ein Körper, der sich mit einer Geschwindigkeit  $\vec{v}$  relativ zum Medium Luft bewegt, erfährt einen Luftwiderstand  $\vec{F}_W$ . Der Betrag  $F_W$  der Kraft  $\vec{F}_W$  ist auch vom Betrag  $v$  dieser Geschwindigkeit  $\vec{v}$  abhängig. Die weiteren Größen, die Einfluss auf den Luftwiderstand haben, sollen in den folgenden Aufgaben konstant sein.

**Teilaufgabe 2.1.0 (5 BE)**

In einem Windkanal wird für einen Skifahrer die Abhängigkeit des Betrags  $F_W$  des Luftwiderstands vom Betrag  $v$  der Relativgeschwindigkeit  $\vec{v}$  untersucht.

Bei der Durchführung des Versuchs erhält man folgende Messergebnisse:

$v$ in $\frac{m}{s}$	$F_W$ in N
5	8
9.2	27
12	46
15	72

**Teilaufgabe 2.1.1 (5 BE)**

Weisen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe nach, dass gilt:  $F_W = k \cdot v^2$ , wobei  $k$  konstant, d. h. unabhängig von  $v$  ist.

Zuweisen der Messwerte:

$$MW_x := (MW^{(1)})^2 \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 \qquad MW_y := MW^{(2)} \cdot N$$

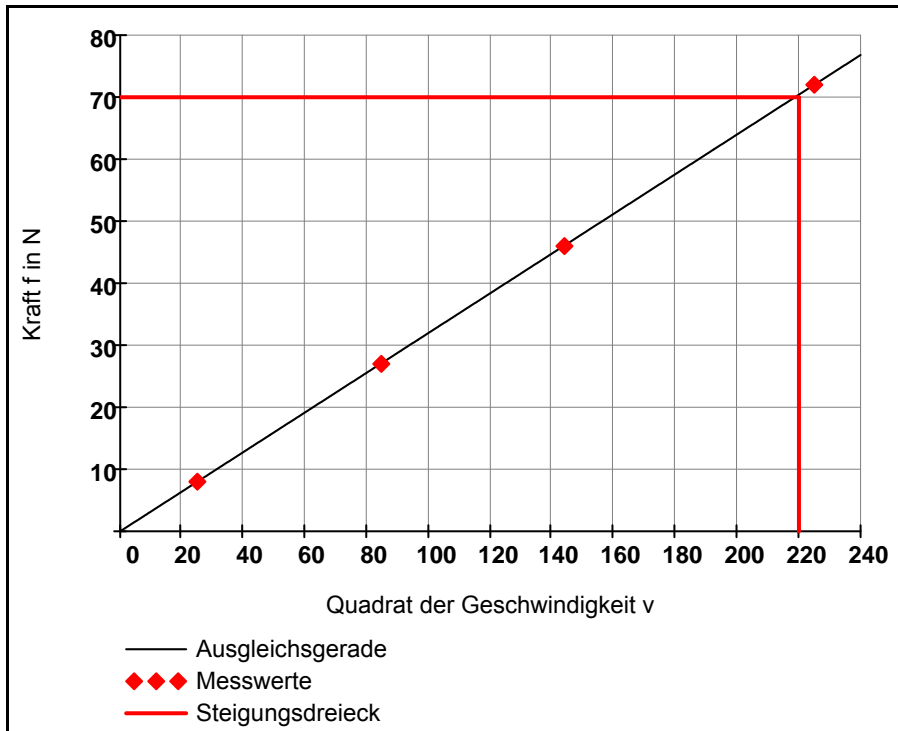
Quadrat der Geschwindigkeit:

$$MW_x = \begin{pmatrix} 25 \\ 85 \\ 144 \\ 225 \end{pmatrix} \frac{m^2}{s^2}$$

Kraft:

$$MW_y = \begin{pmatrix} 8 \\ 27 \\ 46 \\ 72 \end{pmatrix} N$$





Die Messwerte liegen in guter Näherung auf einer Ursprungshalbgeraden  $\Rightarrow F_W \sim v^2$

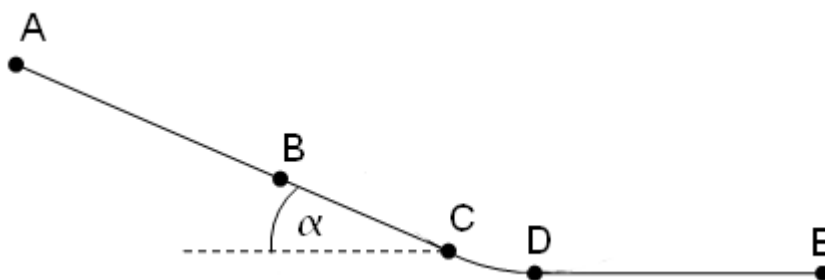
**Teilaufgabe 2.1.2 (3 BE)**

Bestimmen Sie die Konstante  $k$  mithilfe des Diagramms von Teilaufgabe 2.1.1.

$$k = \frac{\Delta F_W}{\Delta v^2} \quad k := \frac{70 \cdot \text{N}}{220 \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} \quad k = 0.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

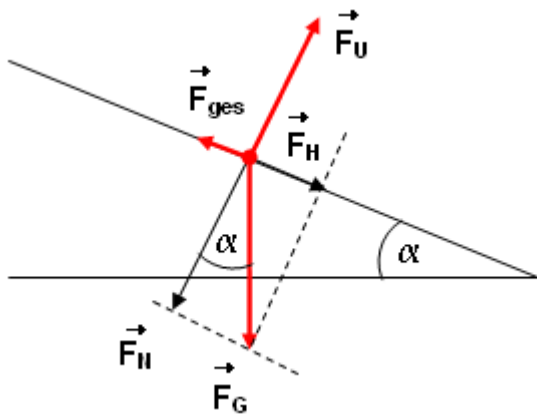
**Teilaufgabe 2.2.0**

In einem Test soll die Reibungszahl  $\mu$  für die Gleitreibung zwischen Ski und Schnee bestimmt werden. Dabei fährt ein Sportler bei Windstille auf Skiern ohne Stockeinsatz einen Hang hinab (siehe oben stehende Skizze). Im Punkt A startet der Skifahrer aus der Ruhe heraus. Die Strecke [AC] ist um den Winkel  $\alpha$  gegen die Horizontale geneigt. Bei der Bewegung von A nach E ist die Gleitreibungszahl  $\mu$  für die Reibung zwischen Skiern und der Unterlage konstant; der Skifahrer erreicht Geschwindigkeiten, bei denen der Luftwiderstand nicht mehr vernachlässigt werden kann. Der Skifahrer hat zusammen mit den Skiern die Masse  $m$ .



**Teilaufgabe 2.2.1 (5 BE)**

Zeichnen Sie einen Kräfteplan, der alle Kräfte enthält, die bei der Bewegung von A nach C auf den Skifahrer wirken.



Es wirken die Reibungskraft der Unterlage  $\vec{F}_R$  und die Kraft des Luftwiderstandes  $\vec{F}_W$  als gesamte Reibungskraft  $\vec{F}_{ges}$ .

$$\vec{F}_{ges} = \vec{F}_W + \vec{F}_R$$

$\vec{F}_G$  Gewichtskraft

$\vec{F}_U$  Kraft der Unterlage

**Teilaufgabe 2.2.2 (3 BE)**

Bei der Bewegung von A nach B wächst der Betrag  $v$  der Geschwindigkeit des Skifahrers an. Weisen Sie mithilfe des Kräfteplans von Teilaufgabe 2.2.1 und des Ergebnisses von 2.1.1 nach, dass für den Betrag  $a$  der bei der Bewegung von A nach B auftretenden Beschleunigung gilt:

$$a = g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot g \cdot \cos(\alpha) - \frac{k}{m} \cdot v^2$$

$$F_a = F_H - F_{ges} = F_H - (F_R + F_W)$$

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) - k \cdot v^2$$

$$a = g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot g \cdot \cos(\alpha) - \frac{k}{m} \cdot v^2$$

**Teilaufgabe 2.3.0**

Für die folgenden Teilaufgaben gilt:  $m = 71 \text{ kg}$ ,  $\alpha = 8.0^\circ$  und  $k = 0.32 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2}$

Bei der Bewegung auf der Strecke [BC] bleibt die Geschwindigkeit des Skifahrers konstant und hat den Betrag  $v_B = 14 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**Teilaufgabe 2.3.1 (3 BE)**

Berechnen Sie mithilfe der Daten aus 2.3.0 und des Ergebnisses von Teilaufgabe 2.2.2 die Reibungszahl  $\mu$ . [Ergebnis:  $\mu = 0.050$ ]

$v$  konstant von B nach C  $\Rightarrow a = 0 \frac{m}{s^2} \quad k := k$

$0 = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) - k \cdot v^2$  auflösen,  $\mu \rightarrow -\frac{k \cdot v^2 - g \cdot m \cdot \sin(\alpha)}{g \cdot m \cdot \cos(\alpha)}$

$$\mu = \frac{g \cdot m \cdot \sin(\alpha) - k \cdot v^2}{g \cdot m \cdot \cos(\alpha)} \quad \mu := \frac{9.81 \cdot \frac{m}{s^2} \cdot 71 \cdot \text{kg} \cdot \sin(8^\circ) - 0.32 \cdot \frac{N \cdot s^2}{m^2} \cdot \left(14 \cdot \frac{m}{s}\right)^2}{9.81 \cdot \frac{m}{s^2} \cdot 71 \cdot \text{kg} \cdot \cos(8^\circ)} \quad \mu = 0.050$$

**Teilaufgabe 2.3.2 (2 BE)**

Berechnen Sie den Betrag der Anfangsbeschleunigung  $a_0$ , mit der die Abfahrt des Skifahrers im Punkt A beginnt.

Anfangsgeschwindigkeit:  $v_0 = 0 \frac{m}{s}$

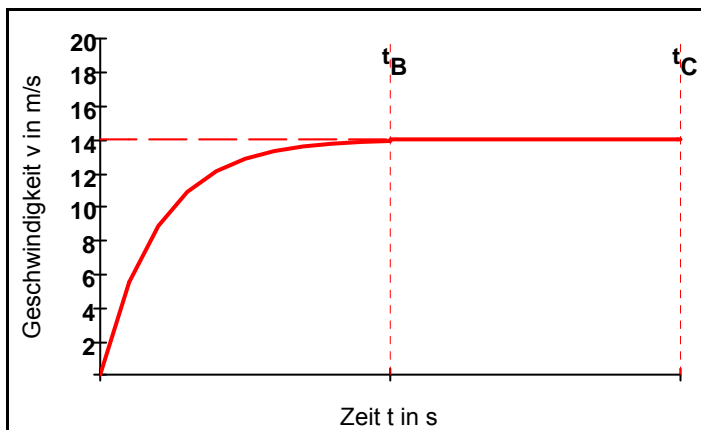
$a_0 = g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot g \cdot \cos(\alpha) \quad a_0 := 9.81 \cdot \frac{m}{s^2} \cdot (\sin(8^\circ) - 0.050 \cdot \cos(8^\circ)) \quad a_0 = 0.88 \frac{m}{s^2}$

**Teilaufgabe 2.3.3 (6 BE)**

Der Skifahrer fährt im Punkt A zum Zeitpunkt  $t_A = 0 \text{ s}$  los und passiert die Punkte B und C zu den Zeitpunkten  $t_B$  und  $t_C$ .

$v$  sei der Betrag der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  des Skifahrers zu einem Zeitpunkt  $t$  mit  $0 \text{ s} \leq t \leq t_C$ .

Skizzieren Sie für  $0 \text{ s} \leq t \leq t_C$  qualitativ das t-v-Diagramm für die Bewegung des Skifahrers und begründen Sie den Verlauf des Graphen im t-v-Diagramm.



$$v(t_A) = 0 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Geschwindigkeit wächst zunächst stark und später immer weniger, da der Luftwiderstand proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit ist.

Ab  $t_B$  sind die beschleunigende Kraft und der Luftwiderstand + Reibungskraft gleich groß, also erfolgt eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit.

#### Teilaufgabe 2.3.4 (4 BE)

Den Punkt D erreicht der Skifahrer mit einer Geschwindigkeit vom Betrag  $v_D = 3.6 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Die Strecke zwischen den Punkten D und E verläuft horizontal. Auf dieser Strecke lässt der Skifahrer die skier weiterhin auf dem Schnee gleiten und hält nur durch Stockschub (Schubkraft) mit den Armen die Geschwindigkeit aurecht.  
Bestätigen Sie, dass die in

$$v_D = 3.6 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Mittlere Schubkraft:  $\vec{F}_S = -(\vec{F}_R + \vec{F}_W)$   $F_S = F_R + F_W = \mu \cdot m \cdot g + k \cdot v_D^2$

$$F_S := 0.050 \cdot 71 \cdot \text{kg} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 0.32 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2} \cdot \left(3.6 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \quad F_S = 39 \text{ N}$$

Mittlere Leistung:  $P = F_S \cdot v_D$   $P := 39 \cdot \text{N} \cdot 3.6 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad P = 140 \text{ W}$