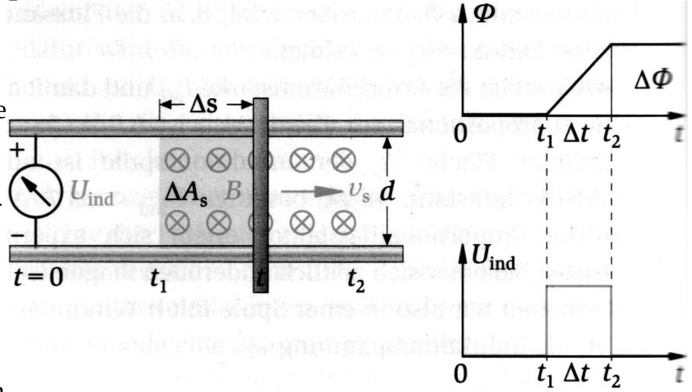
Induktion im geraden Leiter durch Flussdichte berechnen



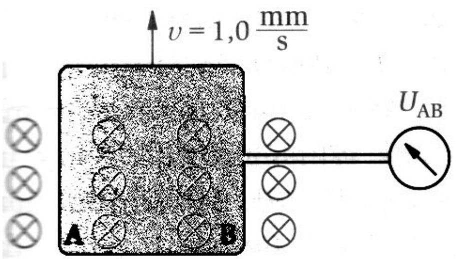
Die seitliche Abbildung zeigt eine Metallstange der Länge $d = 0{,}05\,m$, die sich mit der Geschwindigkeit $v_s = 0{,}2\,m/s$ durch ein B-Feld mit der Flussdichte $B = 0{,}2\,T$ bewegt. Anhand dieses Experiments haben wir ursprünglich über die an den Elektronen wirkenden Lorentzkräften eine Formel für die Induktionsspannung hergeleitet: $U_{ind} = -B \cdot d \cdot v_s$.

Es soll jetzt gezeigt werden, dass man die Induktionsspannung auch in diesem Fall über die sich ändernde Flussdichte berechnen kann:
Angenommen, die Stange bewege sich für die Zeit $\Delta t = 2\,s$ durch das Feld. Dann ändert sich wegen $\Delta s = v_s \cdot \Delta t$ die vom Feld durchsetzte Fläche um $\Delta A = d \cdot v_s \cdot \Delta t = 0{,}02\,m^2$. Dadurch vergrößert sich der Fluss um $\Delta\Phi = B \cdot \Delta A = 0{,}004\,V\,s$. Folglich wird die Spannung $U_{ind} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0{,}002\,V$ induziert.

Auftrag: Prüfen Sie, ob diese Vorgehensweise zum selben Wert wie obige, über die Lorentzkraft hergeleitete Formel, führt.

Übungen:

1. Ein quadratischer Kupferrahmen mit einer Seitenlänge von 50 cm wird gleichmäßig binnen 0,5 Sekunden vollständig in ein homogenes Magnetfeld mit $B = 2\,T$ geschoben.
a) Berechnen Sie die Induktionsspannung im Rahmen auf beide oben vorgestellte Arten.
b) Der Kupferrahmen ist rundum geschlossen, so dass durch die Induktionsspannung im Rahmen ein Strom im Kreis fließt. Berechnen Sie die Stromstärke, wenn für den Rahmen ein Widerstand von $0{,}001\,\Omega$ angenommen wird.



2. Ein quadratisches Rähmchen mit der Kantenlänge hat 500 Windungen. Das homogene Magnetfeld hat die Flussdichte $B = 2{,}1\,mT$. Das Rähmchen befindet sich teilweise im B-Feld und wird mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 1\,mm/s$ nach oben gezogen.
a) Zeichnen Sie die Polung am Spannungsmesser ein.
b) Berechnen Sie die Spannung U_{AB} (bevor das Rähmchen das B-Feld vollständig verlassen hat) auf eine von Ihnen bevorzugte Weise.

SDL 2012

Übungsblatt zum Thema Induktion durch B'(t)

Ziel: Mit diesem Übungsblatt lernen Sie den Umgang mit den neuen Formeln und vertiefen Ihr Verständnis von den physikalischen Zusammenhängen.

1. Durch eine Feldspule mit 2250 Windungen hat den Radius 7 cm und die Länge 60 cm. Durch sie fließt ein Strom I, der innerhalb von 7,5 Millisekunden gleichmäßig von 0,65 A auf 0,9 A ansteigt.
In der Feldspule befindet sich eine Induktionsspule von kreisförmigem Querschnitt mit Radius 3 cm und 1500 Windungen. Der Querschnitt der Induktionsspule wird senkrecht von dem B-Feld der Feldspule durchdrungen. Berechnen Sie die in ihr induzierte Spannung U_{ind}.

2. In einer 45 cm langen zylindrischen Feldspule mit 600 Windungen befindet sich eine kurze Induktionsspule mit 24000 Windungen und einer Querschnittfläche von 6,8 cm². Berechnen Sie die Zeit Δt, in der die Stromstärke in der Feldspule gleichmäßig ansteigen muss, damit in der Induktionsspule eine Spannung von 5 mV induziert wird.

3. Eine Spule mit 1500 Windungen hat den Radius 3,5 cm und die Länge 65 cm.
a) Berechnen Sie den magnetischen Fluss durch die Spule, wenn sie von einem Strom mit 1,5 A durchflossen wird.
b) Erklären Sie stichpunktartig, wie sich die Flussdichte B und der Fluss Φ ändern würden, wenn der Spulenradius verdoppelt werden würde.

SDL 2013

Übungsblatt zum Thema Induktion durch B'(t)

Ziel: Mit diesem Übungsblatt lernen Sie den Umgang mit den neuen Formeln und vertiefen Ihr Verständnis von den physikalischen Zusammenhängen.

1. Durch eine Feldspule mit 2250 Windungen hat den Radius 7 cm und die Länge 60 cm. Durch sie fließt ein Strom I, der innerhalb von 7,5 Millisekunden gleichmäßig von 0,65 A auf 0,9 A ansteigt.
In der Feldspule befindet sich eine Induktionsspule von kreisförmigem Querschnitt mit Radius 3 cm und 1500 Windungen. Der Querschnitt der Induktionsspule wird senkrecht von dem B-Feld der Feldspule durchdrungen. Berechnen Sie die in ihr induzierte Spannung U_{ind}.

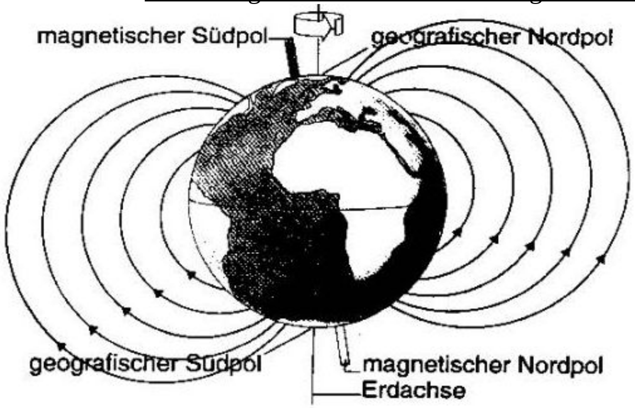
2. In einer 45 cm langen zylindrischen Feldspule mit 600 Windungen befindet sich eine kurze Induktionsspule mit 24000 Windungen und einer Querschnittfläche von 6,8 cm². Berechnen Sie die Zeit Δt, in der die Stromstärke in der Feldspule gleichmäßig ansteigen muss, damit in der Induktionsspule eine Spannung von 5 mV induziert wird.

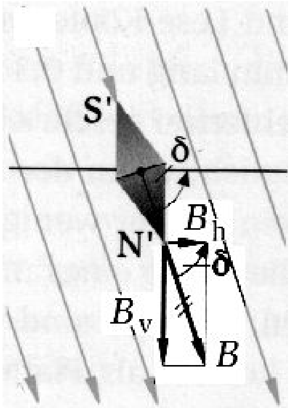
3. Eine Spule mit 1500 Windungen hat den Radius 3,5 cm und die Länge 65 cm.
a) Berechnen Sie den magnetischen Fluss durch die Spule, wenn sie von einem Strom mit 1,5 A durchflossen wird.
b) Erklären Sie stichpunktartig, wie sich die Flussdichte B und der Fluss Φ ändern würden, wenn der Spulenradius verdoppelt werden würde.

SDL 2013

Mit Zügen Strom erzeugen!

Ein Übungsblatt zum Thema Erdmagnetfeld und Induktion

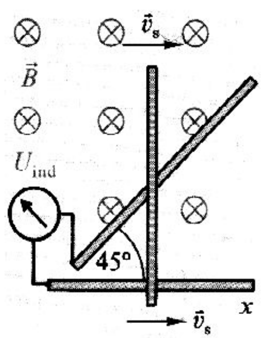




Das Magnetfeld ähnelt dem Feld eines Stabmagneten. Aufgrund der Erdkrümmung trifft das Erdmagnetfeld auf die Erdoberfläche nicht überall unter dem gleichen Winkel auf. In Europa ist der Winkel beispielsweise steiler als in Afrika. Dieser Winkel wird in der Physik mit Inklinationswinkel bezeichnet.
In der rechten Abbildung ist der Inklinationswinkel mit δ gekennzeichnet. Mit ihm lässt sich der eingezeichnete B-Feld-Vektor in eine Horizontalkomponente B_h und eine Vertikalkomponente B_v aufteilen.

a) Herr Staidl misst mit seiner Android-App "Magnetmeter" in Sinn (bei Herborn) einen Inklinationswinkel von 65° und eine magnetische Flussdichte von $48\,\mu T$. Berechnen Sie die Vertikal- und Horizontalkompontente des Erdmagnetfeldes in Sinn.
b) Herr Staidl steigt in Sinn in einen Zug zur Arbeit. Der Zug fährt mit 40 m/s über eine waagerechte Strecke. Die über die beiden voneinander isolierten Schienen rollenden Achsen haben eine Länge von 1435 mm. Aufgrund von elektrischer Induktion entsteht zwischen den Schienen eine Spannung. **Begründen Sie**, dass zur Berechnung der Induktionsspannung nur die Vertikalkomponente des Magnetfeldes eine Rolle spielt.
c) Berechnen Sie die Induktionsspannung zwischen den Schienen.
d) Beurteilen Sie, ob die Induktionsspannung von der Anzahl der Achsen des Zuges abhängt.

Transfer-Übung:



In der seitlichen Abbildung rollt der Stab mit der Geschwindigkeit $v_s = 0{,}1\,m/s$ nach rechts. Nach der Zeit t hat er dabei die Strecke $s = v_s \cdot t$ zurückgelegt.
a) Erklären Sie, weshalb die gemessene Induktionsspannung U_{ind} trotz gleich bleibender Geschwindigkeit mit der Zeit immer höher wird.
b) Leiten Sie eine Funktion $U_{ind}(t)$ **her**, mit der durch Einsetzen der Zeit t die Induktionsspannung U_{ind} zu diesem Zeitpunkt berechnet werden kann.

SDL 2013

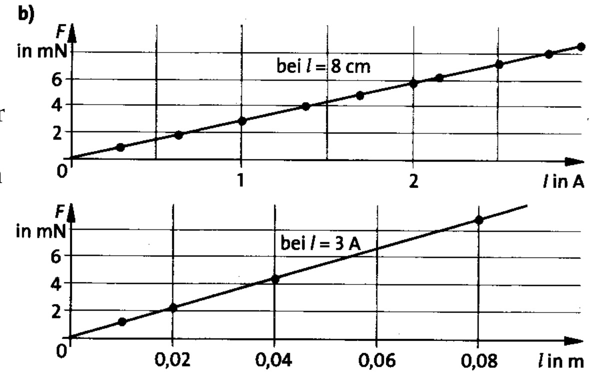
Übungen zur Lorentzkraft und zur Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter

Ziel: Dieses Arbeitsblatt dient der Festigung der gelernten Formeln und des Umgangs mit ihnen.

1. *Kräfte auf Stromleitungen im Erdmagnetfeld*
Das an einem Ort nach Norden verlaufende magnetische Erdfeld hat die Horizontalkomponente $B_H = 19\,\mu T$.
a) Ermitteln Sie die Richtung der Kraft, die das horizontale Feld auf eine in Ost-West-Richtung verlaufende Freileitung ausübt, wenn der Strom nach Osten fließt.
b) Berechnen Sie die Kraft, wenn ein Strom von 100 A fließt und der Abstand zwischen den Masten 150 m beträgt.

2. *Kräfte auf einen stromdurchflossenen Leiter*
a) Ein Strom von 10 A, die ein 4 cm langes Drahtstück im homogenen Feld eines Elektromagneten durchfließt, erfährt die Kraft 20 cN. Berechnen Sie die Flussdichte B, wenn der Leiter senkrecht zu ihr steht.
b) Nun dreht man den Leiter, dass er relativ zum B-Feld einen Winkel von 0°, 30°, 45°, 60° und 90° bildet. Berechnen Sie die Größe der wirkenden Kraft.
c) Ein Strom von 4 A fließt durch ein 5 cm langes Drahtstück. In einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}3\,T$ erfährt es die Kraft $F = 0{,}04\,N$. Bestimmen Sie den Winkel zwischen Drahtstück und den Magnetfeldlinien.

3. *Diagramme lesen*
Das rechts abgebildete Diagramm stellt die Kraft auf einen Leiter der Länge l, welcher senkrecht zu den Magnetfeldlinien liegt und durch den der Strom I fließt, dar. Ermitteln Sie aus den dargestellten Diagrammen mithilfe der Steigung der Ursprungsgeraden die Flussdichte B.



4. *Der schwebende Draht*
Ein waagerechter Draht der Masse 50 g und der Länge 1 m, durch den ein Strom von 30 A fließt, wird von einem Magnetfeld in der Schwebe gehalten. Berechnen Sie die Stärke B des Magnetfeldes.

5. *Protonen im Magnetfeld!*
Ein Proton der Masse $1{,}673 \cdot 10^{-27}\,kg$ und der Ladung $1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C$ bewegt sich mit der Geschwindigkeit $v = 750\,km/s$ in einem homogenen Magnetfeld der Stärke $B = 245\,mT$ senkrecht zu den Feldlinien. Berechnen Sie den Radius seiner Kreisbahn.

SDL 2012

Übungen zum Thema Selbstinduktion

<u>Ziel:</u> Mit diesem Übungsblatt werden Sie im Umgang mit den erarbeiteten Formeln sicher und festigen die Verknüpfung zwischen Ihnen Vorstellung und den zugehörigen Formeln.

1. *Permeabilität berechnen*

Eine Spule mit der Querschnittsfläche $A = 20\,cm^2$, 600 Windungen und einer Länge von 40 cm hat mit Eisenkern bei einem Strom von 6A eine Induktivität von 2 H. Ermitteln Sie die Permeabilität des Eisenkerns unter diesen Bedingungen.

2. *Induzierte Spannungen berechnen*

In einer Spule mit 700 Windungen, einer Länge von 30 cm und einem runden Durchmesser von 4 cm beträgt die Stromstärke 5 A. Berechnen Sie die beim Ausschalten ($\Delta t = 0{,}02\,s$) induzierte Spannung.

3. *Selbstinduktion bei Stromänderung*

In einer kernlosen, kreisrunden Spule mit dem Durchmesser 12 cm, der Länge 70 cm und 500 Windungen wird die Stromstärke innerhalb von 2 Sekunden von 1 A auf 8 A erhöht. Berechnen Sie die Selbstinduktionsspannung währen dieses Zeitraums.

4. *Selbstinduktion - Berechnungen*

Auf einen 160 cm langen ringförmigen Eisenkern mit einer Permeabilität von 10^4 und einen Querschnitt von $10\,cm^2$ ist eine Spule mit 1000 Windungen gewickelt. Die Spule hat einen Widerstand von $10\,\Omega$.

a) Berechnen Sie die Induktivität der Spule.

b) Berechnen Sie den Endstrom, wenn die Spule mit einer Spannung von 4 V betrieben wird.

c) Berechnen Sie für den Augenblick des Einschaltens die Änderungsrate $\dot{I}$ der Stromstärke.

d) Berechnen Sie, nach welcher Zeit die Stromstärke beim Einschalten auf $0{,}3\,A$ gestiegen ist.

e) Gehen Sie beim Ausschaltvorgang davon aus, dass der Gesamtwiderstand beim Abfließen des Induktionsstroms $10\,\Omega$ beträgt. Berechnen Sie die Halbwertszeit für den Strom beim Ausschalten.

f) Berechnen Sie, nach welcher Zeit nach dem Abschalten der Spannung der Strom auf $0{,}1\,A$ gesunken ist.

5. *Verständnisvertiefung der Formelzusammenhänge*

a) Geben Sie an, um welchen Faktor sich die Induktivität einer Spule ändert, wenn man den Spulenquerschnitt und zugleich die Windungszahl verdoppelt.

b) Begründen Sie, dass die Induktivität einer Spule nicht von ihrem elektrischen Widerstand abhängt.

c) Der Induktionsstrom beim Ausschalten einer Spule fließt über einen Widerstand R ab. Erklären Sie, wie sich die Halbwertszeit des Stromes ändert, wenn man (1) die Spannung U_0 der ursprünglichen Stromquelle, (2) die Induktivität L und (3) den genannten Widerstand R je für sich verdoppelt?

Übungen zum Feder- und Fadenpendel

<u>Ziel:</u> Übungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrads geben Ihnen ein Gefühl dafür, wie gut Sie die Materie durchdrungen haben und erhöhen die Behaltensleistungen für das neu Gelernte.

1. *Erdbeschleunigung und Fadenpendel*

Eine Kugel der Masse 2 kg hängt an einem leichten Faden der Länge 2,4 m.

a) Berechnen Sie die Periodendauer T für einen Ort, an dem die Erdbeschleunigung $9{,}81\,m/s^2$ beträgt.

b) An einem anderen Ort wird mit dem selben Pendel die Schwingungsdauer 3,12 s gemessen. Berechnen Sie die Erdbeschleunigung an diesem Ort.

2. *Vertiefende Übungen zum Federpendel*

a) Ein Federpendel mit D = 380 N/m schwingt mit der Frequenz 8 Hz. Berechnen Sie die angehängte Masse m.

b) Bei einem Federpendel erhöht sich die Periodendauer T um 10%, wenn die angehängte Masse m um weitere 50 g vergrößert wird. Berechnen Sie m.

c) An einer Feder hängt eine Kugel der Masse 2kg in der Gleichgewichtslage. Sie wird um 2 cm nach unten ausgelenkt und losgelassen. Sie schwingt anschließend mit einer Frequenz von 4 Hz.

c.1) Berechnen Sie die Federkonstante.

c.2) Ermitteln Sie, wie weit sich die Feder dehnt, wenn die Kugel vor Beginn der Schwingung angehängt wird.

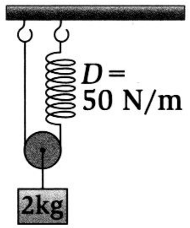
c.3) Berechnen Sie die Kraft, die auf die Kugel in den Umkehrpunkten der Schwingung wirkt.

3. *Verständnis harmonische Schwingungen*

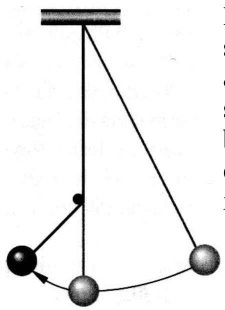
Begründen Sie, ob es sich bei einem auf- und ab springenden Ball um eine harmonische Schwingung handelt. Nennen Sie mindestens 2 Argumente.

4. *Das "indirekte" Federpendel*

Bestimmen Sie die Periodendauer des seitlich dargestellten Pendels. (Feder und Rolle können als massenlos angesehen werden)



5. *Fadenpendel mal anders...*



Ein Fadenpendel der Länge 1 m stößt von rechts kommend mit seinem Faden 75 cm unter dem Aufhängepunkt gegen eine Stange.

a) Beurteilen Sie, ob man hier von einer harmonischen Schwingung sprechen kann.

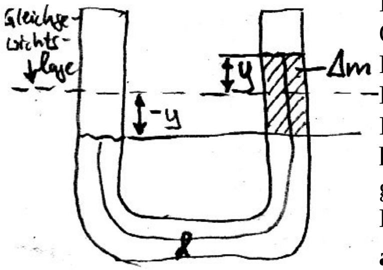
b) Berechnen Sie die Periodendauer der Schwingung.

c) Zeichnen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm für eine Periode. Startpunkt ist die maximale Auslenkung nach rechts.

Arbeitsblatt - Beispiele harmonischer Schwingungen

Ziel: Mit diesem Arbeitsblatt vertiefen Sie Ihr Verständnis über harmonische Schwingungen anhand komplexerer Beispiele.

1. *Das Wasserpendel (vgl. Landesabituraufgabe von 2008)*



In einem U-förmigen Glasrohr mit der Querschnittsfläche A befindet sich eine Flüssigkeitssäule der Gesamtlänge l.
Die Gleichgewichtslage ist gestrichelt eingezeichnet. Ist die Säule um y ausgelenkt, so ist eine Säule etwas höher als die andere. Der überstehende Anteil ist gestrichelt gezeichnet und bewirkt die rücktreibende Kraft durch seine Gewichtskraft.

a) Geben Sie eine Formel für die Masse und die Gewichtskraft des überstehenden Stücks an, wenn die Dichte der Flüssigkeit ϱ ist.

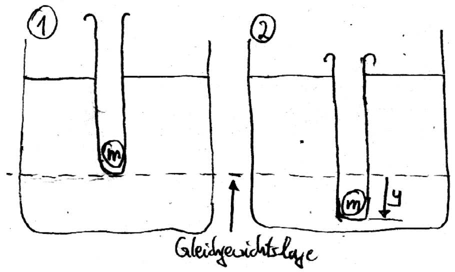
b) Geben Sie eine Formel für die durch die rückwirkende Kraft beschleunigte Gesamtmasse m in Abhängigkeit von A, l und ϱ an.

c) Stellen Sie die Differentialgleichung (DGL) für die Schwingung im U-Rohr auf.

d) Lösen Sie die DGL mit einem geeigneten Ansatz und zeigen Sie, dass die Kreisfrequenz ω unabhängig von der Dichte der Flüssigkeit ist.

e) Berechnen Sie die Länge der Flüssigkeitssäule, die mit einer Periodendauer von einer Sekunde schwingt.

2. *Das Reagenzglas-Pendel (vgl. Landesabituraufgabe)*



In Bild 1 befindet sich ein mit einer Masse beschwertes Reagenzglas schwimmend im Wasser in seiner Gleichgewichtslage.
Das Reagenzglas wird kurz nach unten gedrückt und fängt dabei an zu pendeln. Bild 2 zeigt das Glas in einem Moment der Pendelbewegung - hier befindet es sich um die Auslenkung y unter der Gleichgewichtslage.

a) Das Reagenzglas habe die Querschnittsfläche A, das Wasser die Dichte ϱ. Nach dem archimedischen Prinzip ist die Auftriebskraft gleich der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit. Sie bildet bei dieser Schwingung die rücktreibende Kraft. Geben Sie eine Formel für die rücktreibende Kraft an, wenn die Auslenkung - wie in der Skizze - y beträgt.

b) Das Reagenzglas habe insgesamt die Masse m. Leiten Sie die DGL für die Schwingung her und geben Sie eine Formel für die Periodendauer einer Schwingung an.