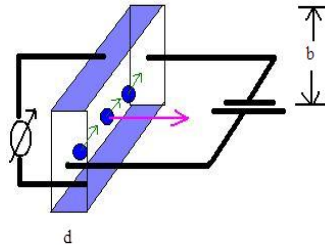


Der Hall- Effekt

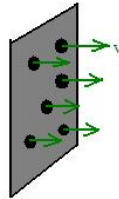
Der Hall- Effekt dient zur Messung der magnetischen Flussdichte und nützt eine direkte Proportion zwischen Hall- Spannung und magnetischer Flussdichte:



Grundsätzlich besteht ein Kräftegleichgewicht zwischen elektrischer Kraft und magnetischer Kraft:

$$F_{el} = F_L \Rightarrow e \frac{U_H}{b} = evB \Rightarrow U_H = bvB$$

v ist dabei die Driftgeschwindigkeit der Elektronen. Diese leitet man über die Ladungsdichte σ her:



Die Stromstärke pro Flächenelement A wird Stromdichte genannt und entspricht dem Fluss der Ladungsträger, die sich mit der Driftgeschwindigkeit bewegen:

$$\frac{I}{A} = nev_D \Rightarrow v_D = \frac{I}{neA}$$

Setzt man nun diesen Ausdruck in die Formel für die Hallspannung ein, dann erhält man mit $A = bd$:

$$U_H = b \cdot \frac{I}{neA} \cdot B \Rightarrow U_H = \frac{Ib}{nebd} B = \frac{I}{ned} \cdot B$$

Damit lautet die Formel für die Hallspannung:

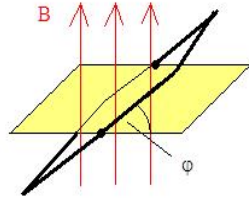
$$U_H = \frac{I}{ned} \cdot B$$

Aufgaben

1. Um die magnetische Flussdichte zu messen, wird eine Hallsonde eingesetzt.
 - a) Fertige eine übersichtliche Zeichnung für die Durchführung des Hallexperimentes an.
 - b) Zeige durch einen geeigneten Kraftansatz, dass $\frac{E}{B} = v$.
 - c) In einem elektrischen Leiter mit einer Länge von 5,00 cm, einer Breite von 2,00 cm und einer Dicke von 0,500 cm ist die Elektronendichte $1,655 \cdot 10^{12} \frac{1}{\text{mm}^3}$. Bei einer Hallspannung von 2,30 V wird eine Stromstärke von 0,0450 A ermittelt. Bestimme aus diesen Daten die magnetische Flussdichte des magnetischen Felds.
2. Zur Untersuchung der Strömungsgeschwindigkeit des Bluts wird ein physikalischer Effekt genutzt. Im Blut befinden sich Ionen. Man legt den Oberarm in ein homogenes Magnetfeld eines Hufeisenmagneten mit einer magnetischen Flussdichte von 0,25 T. Die Aterie hat einen mittleren Durchmesser von 8,67 mm. Das Spannungsmessgerät zeigt eine Spannung von 1,25 mV an.
 - a) Erkläre, warum man mit dieser Methode die Durchströmungsgeschwindigkeit des Bluts bestimmen kann.
 - b) Ermittle mit den oben genannten Daten die Durchflussgeschwindigkeit des Bluts.
 - c) Mit einem Strommessgerät wurde eine Stromstärke von 47,0 mA gemessen. Ermittle durch Rechnung die Anzahl der durchfließenden Ionen.
3. In einem Silberblättchen mit einer Länge von 75 mm und einer Dicke von 4,0 mm fließt ein Strom von 8,0 A. Dabei entsteht eine Hallspannung von $6,7 \mu\text{V}$. Ermittle den Betrag der Driftgeschwindigkeit der Elektronen, wenn die magnetische Flussdichte 0,35 T beträgt.

Wechselstromkreis

Die Gesetze des Wechselstroms sind direkt aus dem Induktionsgesetz ableitbar. Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip zur Anwendung des Induktionsgesetzes:



Unter der Definition des magnetischen Flusses gilt, wenn die Breite b_0 parallel zur Drehachse liegt, dann wird die Länge l_0 bei der Projektion verkürzt: $l = l_0 \cdot \cos \phi$. Zudem gilt $\phi = \omega t$. Zusammengenommen gilt dann:

$$\Phi = B \cdot b_0 l_0 \cos \omega t$$

Da der Fluss von der Zeit t abhängt, gilt für die bei der Drehung induzierten Spannung:

$$U_{\text{ind}} = U(t) = -\frac{d}{dt}\Phi = B \cdot b_0 l_0 \omega \sin \omega t$$

Mit $U_0 = B b_0 l_0 \omega$ ist dann die Wechselspannung

$$U(t) = U_0 \sin \omega t$$

U_0 wird als Scheitelspannung bezeichnet. Für die Stromstärke im Wechselstromkreis gilt dann:

$$I(t) = \frac{U(t)}{R} \sin \omega t$$

Mit $\frac{U_0}{R} = I_0$

$$I(t) = I_0 \sin \omega t$$

Für die Energie des Wechselstromkreises gilt mit $U = RI$ gilt:

$$E = I_0^2 \cdot R \int_0^T \sin^2 \omega t dt$$

Dieses Integral ist wegen $\int \sin^2 x = \frac{1}{2}(x - \sin x \cos x)$ ausgewertet $\frac{T}{2}$.

$$E = \frac{I}{2} R I_0^2 \cdot T \Rightarrow P = \frac{1}{2} R I_0^2$$

Die mittlere Leistung ist definiert durch $P = I_{\text{eff}}^2 R$ Damit ist dann

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$$

Aufgaben

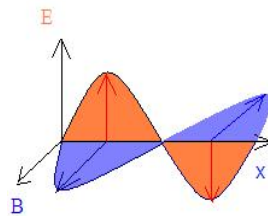
1. Ein einfacher Generator besteht aus einem Hufeisenmagnet, der ein homogenes Magnetfeld der Stärke $20,0 \text{ mT}$ liefert. Eine Drahtschleife, die eine Fläche von $10,0 \text{ cm}^2$ umschließt. Die Leiterschleife dreht sich um eine feste Achse im Magnetfeld des Hufeisenmagneten mit einer Frequenz von $50,0 \text{ Hz}$.
 - a) Ermittle eine Funktionsgleichung, die den Spannungsverlauf des induzierten Stroms während der Rotationsbewegung beschreibt.
 - b) Der Widerstand der Spule beträgt $5,00 \Omega$. Bestimme die Gleichung der Stromstärke des induzierten elektrischen Stroms.
 - c) Durch welche Maßnahme kann man eine Steigerung der induzierten Spannung erreichen. Achte darauf, dass diese leicht und kostengünstig technisch umsetzbar sein muss.
 - d) Ermittle die Änderung der Spannung und der Stromstärke in %, wenn anstelle der Leiterschleife eine flache Spule mit einer Windungszahl von 100 Verwendung findet.
2. Das in der Bundesrepublik übliche Haushaltsnetz hat eine effektive Spannung von 220 V . Der Leitungswiderstand beträgt bei den verwendeten Leitungen aus Kupfer 80Ω .
 - a) Ermittle durch Rechnung, welche Scheitelstromstärke durch ein Gerät fließt, das an dieses Stromnetz angeschlossen wird.
 - b) Mit einem Wechselstrommessgerät wird die Stromstärke zur Kontrolle ermittelt. Ermittle durch Rechnung, welchen Wert das Messgerät anzeigen muss, wenn alles in Ordnung ist.

Dipolstrahlung als elektromagnetische Welle

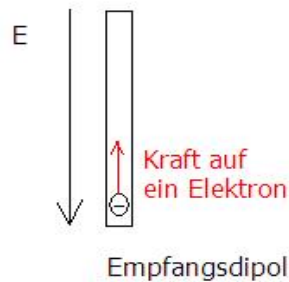
Wird ein elektromagnetischer Schwingkreis aufgebogen, dann wird die elektromagnetische Schwingung in den Raum abgestrahlt. Einen derartig aufgebogenen Schwingkreis bezeichnet man als Hertzschen Dipol. Mit einem zweiten Hertzschen Dipol ist man dann in der Lage, die abgestrahlte elektromagnetische Schwingung an einem anderen Ort des Raums wieder zu empfangen. Dabei gilt:

Die Empfangsstärke ist dann maximal, wenn der Empfänger parallel zum Sendedipol steht und wenn die Mitte des Empfangsdipols sich in der Äquatorebene des Sendedipol befindet. In die Richtung der Sendedipolachse erfolgt keine Abstrahlung

Die abgestrahlte elektromagnetische Schwingung besitzt Wellencharakter:



Bei einer elektromagnetischen Welle schwingen die magnetische Flussdichte \vec{B} und die elektrische Feldstärke \vec{E} . Der englische Physiker Maxwell hat dabei entdeckt, dass zu jedem Zeitpunkt \vec{E} senkrecht auf \vec{B} steht.



Erreicht eine elektromagnetische Welle einen Empfangsdipol, dann werden die Elektronen durch das oszillierende elektrische Feld zu einer Schwingung angeregt. (Siehe Abbildung). Dadurch führen die Elektronen eine beschleunigte Bewegung aus und es entsteht im Empfänger ein Wechselstromfluss, der die gleiche Frequenz besitzt wie die elektromagnetische Welle.

Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle gilt der nachstehende Zusammenhang:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

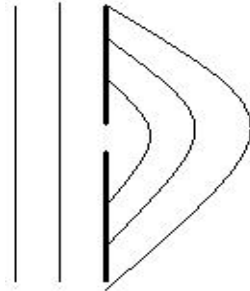
Dabei ist c die Lichtgeschwindigkeit, mit der sich elektromagnetische Wellen ausbreiten.

Aufgaben

1. Ein Mikrowellensender sendet elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge $\lambda = 3,50 \text{ cm}$ aus.
 - a) Ermittle die Senderfrequenz des Senders.
 - b) Es handelt sich bei dem Sender um einen Hertzschen Dipol. Bestimme durch Rechnung die erforderliche Länge des Dipols.

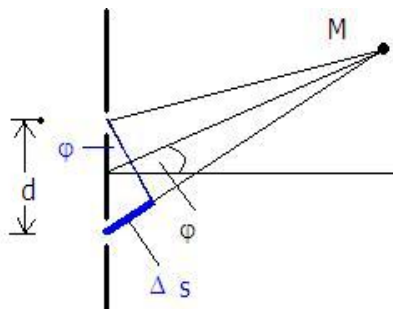
Interferenz von elektromagnetischen Wellen

Trifft eine elektromagnetische Welle auf ein Hindernis wie einen Spalt, dann wird die Welle gebeugt, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist:



Die Beugung am Spalt gilt auch für die Lichtwellen und elektromagnetischen Wellen. Auf einem Auffangschirm kann man als Bild ein Interferenzmuster betrachten. Dabei erscheint das zentrale Maximum sehr breit, die Maxima niedrigerer Ordnung erscheinen lichtschwach.

Bei einem Doppelspalt kommt es durch Beugung an den einzelnen Spalten zur Überlagerung, d.h. zur Interferenz von den gebeugten Wellen. Für die Maxima gilt folgender Zusammenhang:



Damit es sich um eine maximale Verstärkung der gebeugten Wellen handelt, muss gelten: $\Delta s = k\lambda$. Aus der oben stehenden Abbildung erkennt man den Zusammenhang:

$$\Delta s = d \cdot \sin \varphi$$

Damit ist die Bedingung für ein Maximum k -ter Ordnung durch die folgende Gleichung gegeben:

$$d \cdot \sin \varphi = k\lambda$$

k ist dabei eine ganze Zahl. Analog gilt für ein Minimum der interferierenden Wellen gilt:

$$d \cdot \sin \varphi = \frac{2k - 1}{2} \cdot \lambda$$

Aufgaben

1. Ein Laser sendet Licht mit der Wellenlänge von 640 nm aus. Das Licht wird durch ein optisches Gitter mit 580 Strichen pro mm geleitet. Der quadratische Beobachtungsschirm mit einer Kantenlänge von 20,0 cm hat von dem optischen Gitter von 1,25 m.
 - a) Erkläre, welche Vorteile die Verwendung eines optischen Gitters gegenüber einem Doppelspalt bietet.
 - b) Ermittle, welche Ordnung der Maxima gerade noch auf dem Schirm darstellbar ist.
 - c) Ermittle die Orte eines Maximums erster Ordnung auf dem Beobachtungsschirms.

2. Ein Mikrowellensender sendet mit einer Wellenlänge von 3,20 cm. Der Sendestrahle wird durch ein Gitter mit 125 Stäben auf einer Breite von 10,0 cm geleitet. Im Abstand von 1,30 m wird ein Empfänger postiert, der auf einer Schiene, die parallel zum Sendedipol liegt verschiebar ist. Auf der Schiene ist die Markierung 0 cm genau am Ort der Mittelsenkrechte des Gitters angebracht.
 - a) Erkläre, warum die vom Sender ausgestrahlte Welle am Gitter interferiert.
 - b) Ermittle durch eine geeignete Rechnung, an welcher Position man den Empfänger postieren muss, um das Interferenzmaximum zweiter Ordnung nachzuweisen.
 - c) Bestimme welche maximale Ordnung eines Interferenzminimum mit dieser Versuchsanordnung nachweisbar ist.