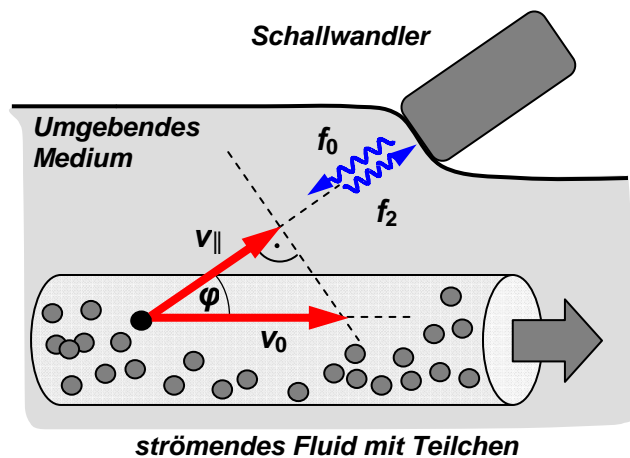


<b>Sommersemester 2010</b>	<b>Zahl der Blätter: 4</b>
<b>Wintersemester</b>	<b>Blatt Nr. 1</b>
<b>Fakultät:</b> Informationstechnik	<b>Semester:</b> KTB2, SWB2, TIB2, IEP2
<b>Prüfungsfach:</b> Physik 2	<b>Fachnummer:</b> 2031
<b>Hilfsmittel:</b> Manuskript, Literatur, Taschenrechner	<b>Zeit:</b> 90 min

### Aufgabe 1: Dopplersonographie (16 Punkte)

Eine wichtige Methode zur berührungslosen Messung der Strömungsgeschwindigkeit  $v_0$  von Fluiden beruht auf dem Dopplereffekt. Ultraschall der Frequenz  $f_0$  wird unter dem Winkel  $\varphi$  eingestrahlt und die Frequenz  $f_2$  des von Teilchen im Fluid reflektierten Schalls gemessen (siehe Skizze). Für die Differenz  $\Delta f = f_2 - f_0$  gilt:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = 2 \frac{v_0}{c} \cos \varphi$$



*Hinweis: Die Schallgeschwindigkeit  $c$  in Fluid und umgebendem Medium sei gleich, der Ultraschall breite sich als ebene harmonische Welle aus. Die Teilaufgaben d) bis g) können unabhängig von a), b) und c) gelöst werden.*

- In welchem Wertebereich des Winkels  $\varphi$  wird die Methode aufgrund der physikalischen und technischen Gegebenheiten anwendbar sein? Antwort bitte kurz begründen!
- Wie hängt die  $\Delta f$  bestimmende Geschwindigkeitskomponente  $v_{\parallel}$  von  $v_0$  ab?
- Leiten Sie den Ausdruck für  $\Delta f / f_0$  her. Wann gilt die dabei gemachte Näherung?

Mit der Methode soll der Blutfluss in einer Arterie überprüft werden. Messparameter: Winkel  $\varphi = 60^\circ$ ; Schallgeschwindigkeit  $c = 1540 \text{ m/s}$ , Ultraschallfrequenz  $f_0 = 5 \text{ MHz}$ .

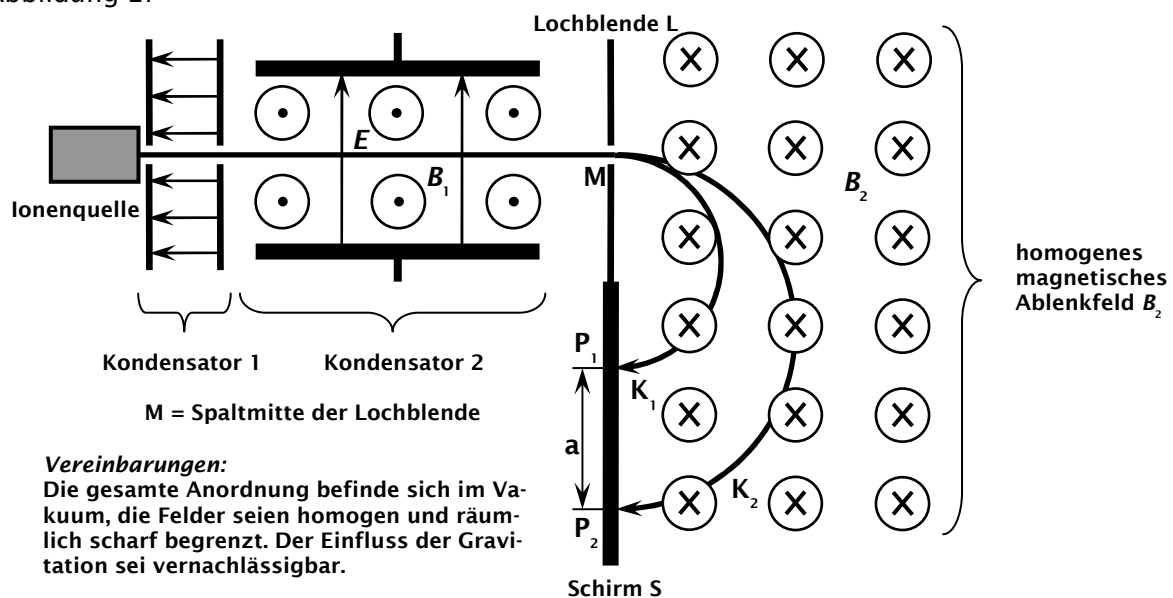
- Welchen Wert haben Wellenzahl und Wellenlänge der Schallwelle?
- Welche Frequenzverschiebung ergibt sich für  $v_0 = 0,12 \text{ m/s}$ ?
- Zur Messung wird mit einer Intensität von  $I_0 = 100 \text{ mW/cm}^2$  eingestrahlt. Wie groß ist die Schalldruckamplitude  $p_{\text{eff}}$  im umgebenden Medium der Dichte  $\rho_m = 1.05 \text{ g/cm}^3$ ?
- Das Fluid hat die Dichte  $\rho_f = 1.00 \text{ g/cm}^3$ . Welche minimale Pegeldifferenz besteht im Idealfall zwischen eingestrahelter und reflektierter Welle für  $\varphi = 90^\circ$  (senkrechter Einfall)?

<b>Semester:</b> SS 2010	<b>Blatt Nr. :</b> 2
<b>Fakultät:</b> Informationstechnik	<b>Semester:</b> KTB2, SWB2, TIB2, IEP2
<b>Prüfungsfach:</b> Physik 2	<b>Fachnummer:</b> 2031

### Aufgabe 2: Ionen in Feldern (16 Punkte)

Aus einer Ionenquelle gemäß Abbildung 2 können Ionen austreten, die sich sowohl in ihrer spezifischen Ladung  $q/m$  (Ladung/Masse) als auch in ihrer Austrittsgeschwindigkeit unterscheiden. Sie durchlaufen zuerst den Kondensator 1 und dann den Kondensator 2. Der Raum zwischen den Platten des Kondensators 2 wird von einem homogenen Magnetfeld  $B_1$  durchsetzt. Die Richtung des Magnetfeldes ist senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes  $E$ . Am Kondensator 1 mit dem Plattenabstand  $d = 5$  cm liegt die Spannung  $U = 600$  V.

Abbildung 2:



Ein einfach negativ geladenes Ion der Masse  $m = 10 \cdot 10^{-27}$  kg verlässt den Kondensator mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 2,5 \cdot 10^5$  m/s.

- Mit welcher Geschwindigkeit hat das Ion die Quelle verlassen?
- Wie lange hielt sich das Ion im Kondensator 1 auf?
- Welchen Zweck erfüllt die Kombination aus Magnetfeld  $B_1$ , elektrischem Feld  $E$  des Kondensators 2 und der Lochblende L in dieser Anordnung? Begründen Sie Ihre Antwort!
- Gelangen Ionen durch die Blende, kann man beobachten, dass sie, wie in der Abb. 2 dargestellt, abgelenkt werden.  
Erläutern Sie, wie die halbkreisförmigen Bahnen  $K_1$  und  $K_2$  zustande kommen?
- Treffen die Ionen an der Stelle  $P_1$  auf den Schirm S, kann ihre spezifische Ladung mit folgender Formel berechnet werden:

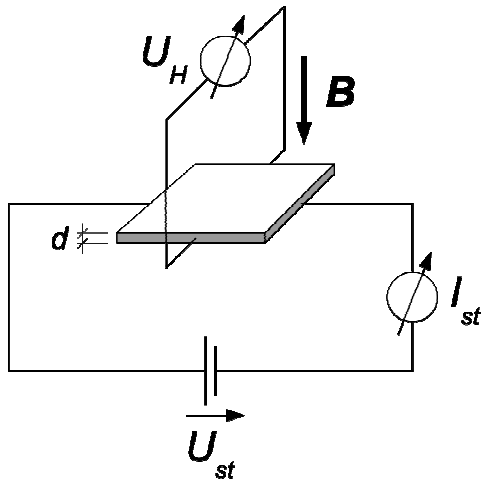
$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot E}{MP_1 \cdot B_1 \cdot B_2}$$

Leiten Sie diese Formel her.

Semester: SS 2010	Blatt Nr. : 3
Fakultät: Informationstechnik	Semester: KTB2, SWB2, TIB2, IEP2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2031

**Aufgabe 3: Temperaturabhängige Ladungsträgerdichte (16 Punkte)**

Abbildung 3:



Der Hall-Effekt kann unter anderem dazu verwendet werden, die Ladungsträgerdichte in einer Halbleiterprobe zu messen. Mit der in Abbildung 3 skizzierten Messanordnung soll die Temperaturabhängigkeit der Ladungsträgerdichte gemessen werden. Als Probe wird ein Plättchen n-dotiertes Silizium der Dicke  $d = 0,1 \text{ mm}$  verwendet. Die erste Messung wird bei der Temperatur des siedenden Stickstoffs ( $77 \text{ K}$ ) durchgeführt. Die magnetische Flussdichte  $B$  beträgt  $(1,00 \pm 0,05) \text{ T}$ . Der Steuerstrom wird auf  $I_{st} = (10,0 \pm 0,1) \text{ mA}$  eingestellt. Als Hallspannung wird  $U_H = 62,4 \text{ mV} \pm 1\%$  gemessen.

- Wie lässt sich aus den gegebenen Messwerten die Ladungsträgerdichte in der Probe bestimmen? Wie groß ist die Ladungsträgerdichte  $n$  pro Kubikzentimeter bei  $T = 77 \text{ K}$ ?
- Wie groß ist die Fehlergrenze (relativer Größtfehler)  $\Delta n/n$  für die Ladungsträgerdichte? Die Dicke der Probe dürfen Sie als exakt bekannt annehmen. Geben Sie das Ergebnis der Teilaufgaben a) und b) als  $(n \pm \Delta n) \text{ 1/cm}^3$  an.

(Die folgenden Teilaufgaben sind unabhängig von den Teilen a) und b) lösbar!)

Nun wird die Ladungsträgerdichte systematisch für verschiedene Temperaturen zwischen  $10 \text{ K}$  und  $70 \text{ K}$  gemessen. Die Ergebnisse der Messungen sind

$T \text{ [K]}$	10	20	30	40
$n \text{ [1/cm}^3\text{]}$	$1,81 \cdot 10^6$	$1,487 \cdot 10^{11}$	$6,47 \cdot 10^{12}$	$4,31 \cdot 10^{13}$
$T \text{ [K]}$	50	60	70	
$n \text{ [1/cm}^3\text{]}$	$1,01 \cdot 10^{14}$	$1,002 \cdot 10^{14}$	$9,989 \cdot 10^{13}$	

- Zeichnen Sie auf der nächsten Seite ein Diagramm, das den Zusammenhang  $\ln n(1/T)$  darstellt.
- Woher kommt das Plateau bei den höheren Temperaturen?
- Bestimmen Sie (graphisch!) die Regressionsgerade für den Temperaturbereich  $10 \text{ K} \leq T \leq 40 \text{ K}$
- Wie lässt sich aus dieser Regressionsgeraden die Ionisierungsenergie  $E_D$  der Donator-Niveaus bestimmen? Berechnen Sie den Wert von  $E_D$  für die vermessene Probe.

<b>Semester:</b> SS 2010	<b>Blatt Nr. :</b> 4
<b>Fakultät:</b> Informationstechnik	<b>Semester:</b> KTB2, SWB2, TIB2, IEP2
<b>Prüfungsfach:</b> Physik 2	<b>Fachnummer:</b> 2031

Zu Aufgabe 3:

