

Mécanique

Acoustiques

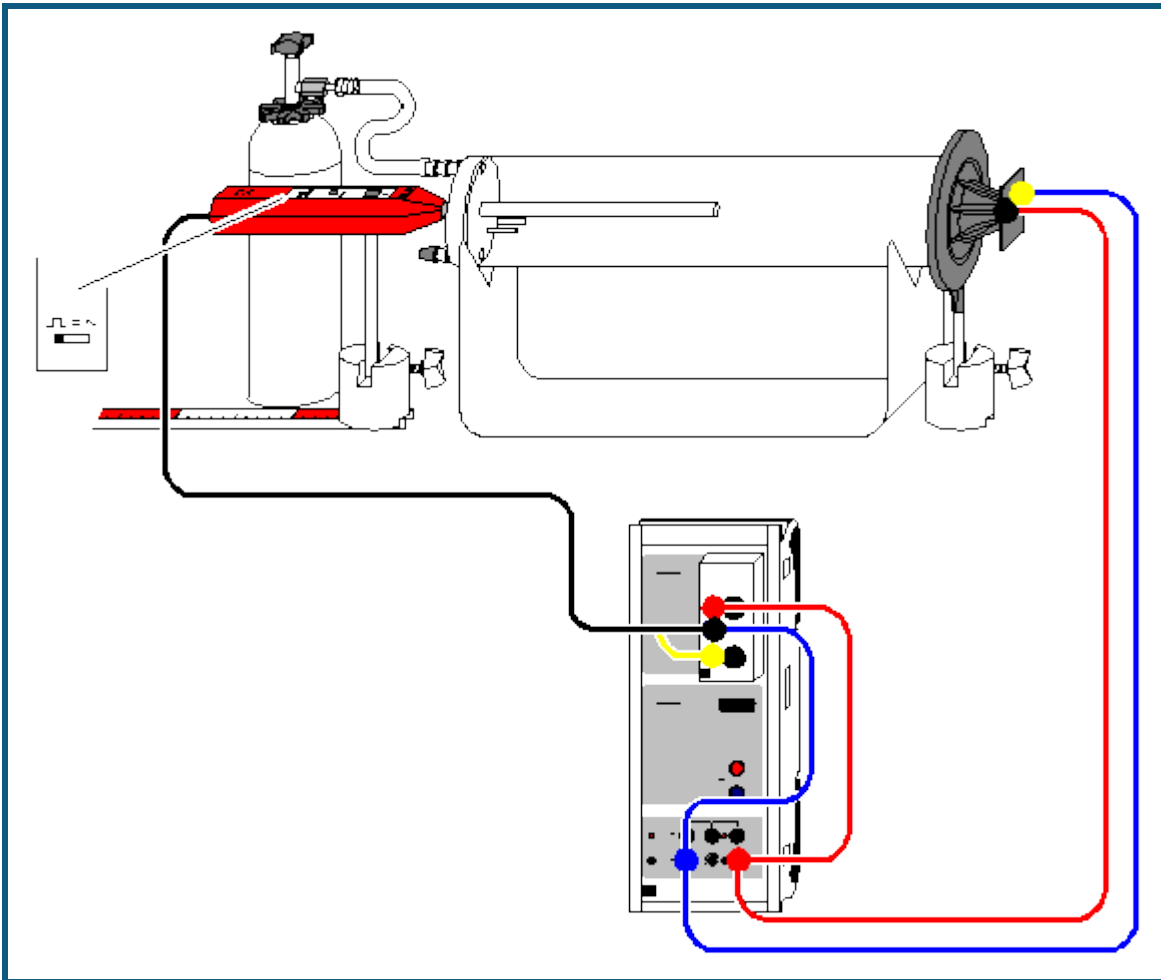
Longueur d'onde et vitesse du son

Détermination de la vitesse du son dans les gaz

Description tirée de CASSY Lab 2

Pour charger des exemples et des paramétrages, merci de bien vouloir utiliser l'aide de CASSY Lab 2.

Vitesse du son dans les gaz



Manipuler les cartouches de gaz comprimés « minican » avec prudence

- Les cartouches sont sous pression ; pour prélever le gaz, utiliser seulement le robinet de réglage précis (660 980).
- Tenir les cartouches à l'abri des rayons du soleil et ne pas les exposer à une température supérieure à 50 °C.
- Ne pas ouvrir les cartouches par la force.
- N'éliminer les cartouches que lorsqu'elles sont complètement vides.
- Ne jamais remplir les cartouches.

Description de l'expérience

Dans l'expérience, il s'agit de déterminer la vitesse de propagation d'une impulsion sonore (vitesse du son) dans du dioxyde de carbone et dans les gaz rares hélium et néon. Comme les ondes sonores ne présentent dans les gaz rares qu'une faible dispersion, – c.-à-d. que lors de la propagation du son dans les gaz, les vitesses de groupe et de phase coïncident dans une bonne approximation – la vitesse du son c peut tout simplement être déterminée à partir de la vitesse de propagation d'une impulsion sonore :

$$c^2 = p \kappa / \rho \quad \text{avec} \quad \kappa = C_p / C_v$$

κ : indice adiabatique

ρ : densité

p : pression

C_p, C_v : capacité thermique spécifique

L'impulsion sonore est générée par une tension à front raide qui déplace brusquement la membrane d'un haut-parleur. Ce mouvement de la membrane entraîne une variation de pression dans le gaz qui peut être enregistrée par un microphone.

Pour la détermination de la vitesse du son c dans un milieu gazeux, on mesure le temps t écoulé entre la génération de l'impulsion au haut-parleur et l'enregistrement par le microphone. Comme le point de départ exact de l'impulsion sonore au haut-parleur ne peut pas être mesuré directement, on commence par déterminer la vitesse du son c_{air} dans l'air pour la détermination de la section mesurée effective. Pour ce faire, on procède à deux mesures du temps de propagation, le microphone étant pour l'une d'elle à la position s_{A1} et pour l'autre, à la position s_{A2} . La vitesse du son dans l'air s'obtient à partir de la différence de marche $\Delta s = s_{A1} - s_{A2}$ et de la différence correspondante du temps de propagation $\Delta t = t_1 - t_2$ pour ainsi donner $c_{\text{air}} = \Delta s / \Delta t$. Ceci permet de déterminer ensuite la section mesurée effective $s_{\text{eff}} = c_{\text{air}} \cdot t_1$ pour la position s_{A1} grâce à laquelle on peut finalement réaliser une mesure directe de la vitesse du son dans un gaz.

Matériel requis

1	Sensor-CASSY	524 010 ou 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	adaptateur timer	524 034
1	appareil pour la vitesse du son	413 60
1	support pour tubes et bobines	516 249
1	haut-parleur d'aiguës	587 07
1	microphone universel	586 26
1	rail métallique gradué, 0,5 m	460 97
2	socles	300 11
1	cartouche de gaz comprimé « minican », dioxyde de carbone	660 999
1	cartouche de gaz comprimé « minican », hélium	660 984
1	cartouche de gaz comprimé « minican », néon	660 985
1	robinet de réglage précis pour cartouches de gaz « minican »	660 980
1	tuyau en silicone, 7 x 1,5 mm, 1 m	667 194
1	tuyau en caoutchouc, d = 4 mm	604 481
1	raccord pour tuyau	604 510
1	paire de câbles, 25 cm, rouge et bleu	501 44
1	paire de câbles, 100 cm, rouge et bleu	501 46
1	PC avec Windows XP/Vista/7/8	

Montage expérimental (voir schéma)

- Placer le tube en plastique (sans corps chauffant) sur le support pour bobines et tubes et le faire tourner jusqu'à ce que les deux raccords pour tuyaux soient l'un au-dessus de l'autre.
- Rapprocher le haut-parleur du tube en plastique de manière à fermer le tube en plastique le plus hermétiquement possible.
- Enfoncer le microphone universel sur env. 1 cm dans le perçage central du couvercle et l'orienter de manière à ce qu'il se déplace parallèlement au tube en plastique. Positionner le commutateur de fonction du microphone universel sur le mode de fonctionnement «Trigger» et le mettre en marche.
- Placer le rail métallique gradué juste sous le socle.
- Enficher l'adaptateur timer sur l'entrée A du Sensor-CASSY et réaliser le montage conformément au schéma ; régler la source de tension S sur la tension de sortie maximale.

Remarques pour l'expérimentation

Afin d'éviter une perte de gaz imprévue, bien fermer le robinet de réglage précis en faisant tourner la mollette vers la droite, jusqu'en butée, avant de le visser sur la cartouche de gaz comprimé.

Si le dispositif de mesure n'est pas parfaitement étanche, il y a échappement de gaz et le résultat de mesure est faussé ; par conséquent, il est important de veiller à ce que le haut-parleur soit le plus près possible du tube en plastique.

Pour remplir le tube de dioxyde de carbone, fixer le tuyau en silicone au raccord pour tuyau inférieur du tube en plastique. On obtient ainsi un échange de gaz quasiment parfait étant donné qu'au remplissage du dioxyde de carbone, l'air plus léger est refoulé par le raccord supérieur. Il convient de procéder inversement pour la mesure avec les gaz rares hélium et néon, c.-à-d. d'injecter l'hélium ou le néon par le raccord supérieur de manière à ce que l'air plus lourd soit refoulé par le raccord inférieur.



Autre remarque à prendre en considération pour les mesures avec l'hélium et le néon : comme le dispositif de mesure ne peut pas être parfaitement étanche, une partie du gaz extrêmement volatil que l'on vient d'injecter s'échappe

du tube. Les mesures sont faussées à cause de l'assez grande part d'air – il convient donc de ne pas perdre de temps pour réaliser les mesures.

Procédure expérimentale

■ Charger les paramétrages

Commencer par déterminer la section mesurée effective s_{eff} :

- Enfoncer le microphone universel sur env. 1 cm dans le tube en plastique, relever la position s_{A1} et l'inscrire à la première ligne du tableau. Inscrire le temps de propagation Δt_{A1} dans le tableau avec . Recommencer plusieurs fois la mesure du temps de propagation afin d'améliorer la précision de mesure.
- Complètement enfoncer le microphone universel dans le tube en plastique, relever la position s_{A2} et l'inscrire à la ligne suivante du tableau. Inscrire le temps de propagation Δt_{A1} dans le tableau avec . Recommencer plusieurs fois la mesure du temps de propagation afin d'améliorer la précision de mesure.
- Pour la détermination des temps de propagation moyens t_1 et t_2 , sélectionner [valeur moyenne](#) et déterminer la vitesse du son dans l'air $c_{\text{air}} = \Delta s / \Delta t = (s_{A1} - s_{A2}) / (t_1 - t_2)$.
- Déterminer la section mesurée effective $s_{\text{eff}} = c_{\text{air}} \cdot t_1$; pour ce faire, inscrire dans la formule donnée $(s_{A1} - s_{A2}) / (t_1 - t_2) \cdot t_1$ les temps de propagation t_1 et t_2 déterminés dans les [paramétrages seff](#) (bouton droit de la souris sur s_{eff}).

La vitesse du son dans le dioxyde de carbone, l'hélium et le néon peut désormais être mesurée directement :

- Enfoncer à nouveau le microphone universel jusqu'à la position s_{A1} .
- Injecter le gaz par le raccord ; pour ce faire, ouvrir le robinet de réglage précis avec prudence jusqu'à ce que le bruit du gaz qui sort de la cartouche soit perceptible.
- Relever la vitesse du son et l'inscrire dans le tableau du graphe préparé **Entrée** ou bien la transférer avec la souris par glisser-déposer (Drag & Drop). Indiquer également la densité ρ du gaz utilisé :

Gaz	Densité ρ	Indice adiabatique $\kappa = C_p / C_v$
Dioxyde de carbone	1,98 kg/m ³	1,29
Azote (air)	1,25 kg/m ³	1,40
Néon	0,90 kg/m ³	1,64
Hélium	0,18 kg/m ³	1,63

Exploitation

Le rapport entre c^2 et $1/\rho$ est donné dans le graphe préparé **Exploitation** où il est possible de tracer la droite qui correspond, à pression d'air normale $p=1013$ hPa, à l'indice adiabatique $\kappa=1,4$ dans la [modélisation libre](#) en entrant par ex. la formule $101300 \cdot 1,4 \cdot x$.

Les valeurs mesurées qui s'écartent de cette droite sont à considérer comme normales, notamment avec l'hélium particulièrement volatil, parce que dans ce cas-là, la densité réelle du gaz est plus élevée.

Les grandes différences de vitesses du son dans les gaz se justifient en gros par les densités ρ variables des gaz étant donné que les différences au niveau des indices adiabatiques C_p / C_v sont en comparaison plutôt faibles.