

VELOCITAT DEL SO A L'AIRE

OBJECTIU

Determinar la velocitat del so a l'aire mitjançant un tub de ressonància.

DETERMINACIONS

1.- Calcular la velocitat del so per el 400, 700 i 1000 Hz utilitzats a partir de les mitjanes de les longituds d'ones.

Utilitzarem la fórmula $v =$

$$\text{Per} = 400\text{Hz}$$

$$= 0.860 \text{ m}$$

$$= 0.840 \text{ m}$$

$$= 0.860 \text{ m}$$

$$\text{mitjana} = 0.85 \text{ m}$$

$$v_{\text{mitjana}} = \text{mitjana} \cdot = 0.853 \cdot 400 = 341.2 \text{ m/s}$$

$$\text{Per} = 700\text{Hz}$$

$$= 0.490 \text{ m}$$

$$= 0.480 \text{ m}$$

$$= 0.490 \text{ m}$$

$$\text{mitjana} = 0.486 \text{ m}$$

$$v_{\text{mitjana}} = \text{mitjana} \cdot = 0.486 \cdot 700 = 340.2 \text{ m/s}$$

$$\text{Per} = 1000\text{Hz}$$

$$= 0.340 \text{ m}$$

$$= 0.348 \text{ m}$$

$$= 0.344 \text{ m}$$

$$\text{mitjana} = 0.344 \text{ m}$$

$$v_{\text{mitjana}} = \text{mitjana} \cdot = 0.344 \cdot 1000 = 344.0 \text{ m/s}$$

2.- Tabular les velocitats i longituds d'ona obtingudes. Determinar la velocitat del so que resulta de

l'experiència.

Freqüència (Hz)	Longitud d'ona mitjana (m)	Velocitat mitjana (m/s)
400	0.853	341.2
700	0.486	340.2
1000	0.344	344.0

La velocitat del so final és la velocitat mitjana de les tres freqüències:

$$V_{\text{mitjana}} = (V_{400} + V_{700} + V_{1000}) / 3 = \mathbf{341.8 \text{ m/s}}$$

3.- Calcular la velocitat teòrica per les condicions experimentals tenint en compte la pressió i la temperatura (recordeu que la humitat relativa se suposa del 100%). Obtenir la discrepància respecte a la trobada anteriorment.

Per tal de trobar la velocitat teòrica utilitzarem la fórmula de propagació del so en un medi:

$$V = \sqrt{(RT / M)}$$

On:

= 1.41 per l'aire

$$R = 8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} = 1.99 \text{ cal/(mol} \cdot \text{K)}$$

T = Temperatura en K

M = massa molecular del gas. Per l'aire el valor depèn de la seva humitat:

$$M = (p - e) / p \cdot 28.96 + e / p \cdot 18.02 \text{ g/mol}$$

On:

e = tensió del vapor d'aigua existent

p = pressió total de l'aire

28.96 = massa, en grams, d'un mol d'aire sec

18.02 = massa, en grams, d'un mol d'aigua

A més, cal tenir compte que la humitat relativa coincideix amb la relació entre la tensió del vapor e en el volum considerat i la pressió saturant p_s de l'aigua a la mateixa temperatura.

$$H_r(\%) = e / p_s \cdot 100$$

En el nostre cas, la temperatura del recinte on es va realitzar l'experiència era

T = 297.5K, la pressió atmosfèrica **P = 997hPa**, i la **H_r = 100%**.

Per tant, $e = p_s$

Mirant ps a les taules en les condicions de pressió i temperatura indicats obtenim un resultat de **e = 26.75 Tor.**

Aplicant la fórmula de la massa molecular del gas (M):

$$M = (p-e)/p \cdot 28.96 + e/p \cdot 18.02 = (747-26.75)/747 \cdot 28.96 + 26.75/747 \cdot 18.02 =$$
$$= \mathbf{28.57 \text{ g/mol}}$$

Finalment, aplicant la fórmula de la velocitat de propagació, (i tenint en compte que passa a valdre 1410 per qüestió d'unitats), obtenim:

$$V = "(RT / M) = "(1410 \cdot 8.3 \cdot 297.5 / 28.57) = \mathbf{349.1 \text{ m/s}}$$

Discrepància:

Aplicarem la fórmula:

$$D_i = |v - v_i|$$

On:

v_i = velocitat de l'experiència

v = velocitat obtinguda teòricament

$$D = |349.1 - 341.8| = \mathbf{7.3 \text{ m/s}}$$

4.- Obtenir la velocitat del so de l'aire sec a 0°C a partir de la seva relació amb la trobada per les condicions experimentals.

Per calcular aquesta velocitat utilitzarem la fórmula :

$$V_0 = v "(T_0/T \cdot M/M_0)$$

On :

$$T_0 = 273K$$

$$M_0 = 28.96g$$

Substituint :

$$V_0 = 349.1 \cdot "(273/297.5 \cdot 28.57/28.96) = \mathbf{332.2 \text{ m/s}}$$

5.- Imagineu dues situacions climatològiques diferents i per cada una d'elles especifiqueu els valors que precisa de temperatura, pressió i humitat que us semblin adequats: a) un dia fred i sec d'hivern i b) un dia calurós i humit d'estiu. Calculeu la velocitat del so a l'aire ambient per cada una de les dues situacions. Valoreu les diferències obtingudes.

Hivern (fred i sec)

Considerarem:

$$T = 273 \text{ K}$$

$$Hr(\%) = 10 \%$$

$$P_{\text{atm}} = 760 \text{ Tor}$$

D'aquesta manera,

$$P_s = 7.51 \text{ Tor}$$

$$e = p_s/10 = 0.751 \text{ Tor}$$

$$M = (p - e)/p \cdot 28.96 + e/p \cdot 18.02 = (760 - 0.751)/760 \cdot 28.96 + 0.751/760 \cdot 18.02 = = \mathbf{28.95 \text{ g/mol}}$$

Aplicant la fórmula de la velocitat de propagació:

$$V = \sqrt{(RT / M)} = \sqrt{(1410 \cdot 8.3 \cdot 273 / 28.95)} = \mathbf{332.2 \text{ m/s}}$$

Com es pot comprovar, la velocitat es gairebé igual (amb l'excepció dels decimals a partir de la centèsima de m/s) a la calculada teòricament amb la fórmula de l'apartat anterior.

Estiu (calurós i humit)

Considerarem:

$$T = 313 \text{ K}$$

$$Hr(\%) = 90 \%$$

$$P_{\text{atm}} = 760 \text{ Tor}$$

D'aquesta manera,

$$P_s = 79.62 \text{ Tor}$$

$$e = p_s \cdot 0.9 = 71.66 \text{ Tor}$$

$$M = (p - e)/p \cdot 28.96 + e/p \cdot 18.02 = (760 - 71.66)/760 \cdot 28.96 + 71.66/760 \cdot 18.02 = = \mathbf{27.92 \text{ g/mol}}$$

Aplicant la fórmula de la velocitat de propagació:

$$V = \sqrt{(RT / M)} = \sqrt{(1410 \cdot 8.3 \cdot 313 / 27.92)} = \mathbf{362.2 \text{ m/s}}$$

Valoració:

Comparant els dos resultats teòrics obtinguts arribem a la conclusió que la temperatura té una gran influència directa amb la velocitat. A més temperatura més gran és la velocitat. Aquest fet es podria explicar a partir de l'estat de les partícules que formen el medi on es propaga el so, considerant que, a més vibració atòmica, millor propagació de vibracions externes.

Per altra banda, podem observar que el grau d'humitat també influeix indirectament en la velocitat. Com més humitat hi hagi en un medi, millor transmissor es comporta. Això es degut a l'augment de densitat del gas

que estem considerant causat per la mescla amb molècules d'aigua. Per tant, podem concloure que la densitat del medi transmissor influeix (encara que no tant notablement com la temperatura) en la velocitat de propagació del so.

MECÀNICA FONAMENTAL

VELOCITAT

DEL SO

A L'AIRE