



Física

Críteris específics d'avaluació

Caldrà calcular els 8 punts totals sobre 10

Críteris d'avaluació	A	Valor	B	Valor	C	Valor
Argumentar fins a quin punt el model d'ona estacionària permet explicar la generació de sons al tracte vocal (Exercici 1) [3 punts]	Explica de forma clara i completa les característiques del model d'ona estacionària, relacionant clarament el model teòric amb el fenomen físic (per exemple, donant significat als ventres i nodes). Justifica la relació entre f , L , λ i v raonant de forma clara els procediments matemàtics que relacionen les diferents equacions.	1	Explica les característiques del model d'ona estacionària i la relació entre f , L , λ i v aportant informació nova.	0,5	Descriu les característiques bàsiques del model d'ona estacionària i presenta la relació entre f , L , λ i v , però ho fa reproduint de forma literal la informació presentada en el document 3.	0,2
	Argumenta de forma raonada que la cavitat font no pot considerar-se una ona estacionària i en canvi la cavitat filtre sí, a partir de la relació entre la f generada i la v de propagació.	1	Afirma que la cavitat font no pot considerar-se una ona estacionària i la cavitat filtre sí, a partir de la relació entre la f generada i la v de propagació, però amb arguments incomplets o inconsistents.	0,5	Fa servir conceptes relacionats amb el model d'ona estacionària, però no construeix un argument complet o consistent, o bé algunes de les idees que fa servir són errònies o inconsistents.	0,2
	Relaciona adequadament els pics de freqüència de l'ona envolupant d'amplitud relativa (document 2, figura <i>b</i>) amb els modes de vibració d'una ona estacionària amb un extrem obert i un tancat, a partir de la relació $f_2 = 3f_1$.	1	Relaciona els pics de freqüència de l'ona envolupant d'amplitud relativa (document 2, figura <i>b</i>) amb els modes de vibració d'una ona estacionària, però no aclareix si són extrems oberts o tancats, o bé falta informació o consistència.	0,5	Relaciona els espectres de freqüència de la laringe i del tracte vocal amb els modes de vibració d'una ona estacionària, però sense definir si és d'extrems oberts o un tancat.	0,2

Criteris d'avaluació	A	Valor	B	Valor	C	Valor
Fer servir el model de vibració de les partícules d'un gas per explicar la propagació del so (Exercici 2) [2 punts]	Demostra un domini clar del model d'ona, en què distingeix entre el moviment individual de les partícules (caracteritzat de forma ideal per un MHS) i el moviment de propagació del front d'ona com a resultat del moviment de totes les partícules, i per tant, d'una pertorbació de l'espai en termes de densitat o pressió.	1	Diu que les afirmacions <i>a</i> i <i>b</i> són falses, però fa una justificació pobre o bé inclou en la seva argumentació, algunes idees errònies o inconsistents.	0,5	Diu que les afirmacions <i>a</i> i <i>b</i> són falses, però dona explicacions alternatives o bé fa servir el model d'ona de forma inconsistent.	0,2
	Demostra un domini clar del model de partícules per explicar la difusió d'un gas i la mescla entre heli i aire atmosfèric. Fa servir aquest model per explicar per què l'heli, un cop espirat, deixa de ser un medi de propagació del so fins a l'orella del receptor.	1	Fa servir el model de partícules per justificar que l'heli, un cop espirat, deixa de ser un medi de propagació del so fins a l'orella del receptor, però amb arguments incomplets o inconsistents.	0,5	Parla de la interacció entre l'heli i l'aire atmosfèric, però de forma ambigua, errònia o inconsistent.	0,2
Dissenyar un experiment (Exercici 3) [2 punts]	Proposa un experiment clarament dirigit a demostrar que l'heli no afecta la cavitat font. Hi presenta una manera de fer vibrar una membrana de manera que vibri igual amb heli que amb aire atmosfèric.	1	Proposa un experiment dirigit a demostrar que l'heli no afecta la cavitat font, fent servir adequadament el material de què disposa, però no queda clara del tot la connexió analògica entre l'experiment i la cavitat font.	0,5	Proposa un experiment fent servir el material de què disposa, però no queda gens clara la relació analògica amb el que succeeix amb la cavitat font.	0,2
	Proposa un experiment clarament dirigit a demostrar que l'heli sí que afecta la cavitat filtre. Hi presenta una manera de generar una ona estacionària i analitzar com, si el gas del seu interior és diferent, la freqüència dels harmònics també canvia.	1	Proposa un experiment dirigit a demostrar que l'heli sí que afecta la cavitat filtre, fent servir adequadament el material de què disposa, però no queda clara del tot la connexió analògica entre l'experiment i la cavitat filtre.	0,5	Proposa un experiment fent servir el material de què disposa, però no queda gens clara la relació analògica amb el que succeeix amb la cavitat filtre.	0,2

Críteris d'avaluació	A	Valor	B	Valor	C	Valor
Redactar amb correcció, cohesió i coherència [1 punt]	La correcció, la cohesió i la coherència del text són els esperats per a un estudiant que aspira a obtenir el premi.	1	La correcció, cohesió i coherència del text té algunes mancances.	0,5	La correcció, cohesió i coherència del text té importants mancances.	0,2

Críteris específics d'avaluació complementaris. Exemple de resolució

El redactat és orientatiu. Les idees més importants de cada resposta estan en negreta.

Exercici 1

En física ondulatòria es defineix una ona estacionària com el resultat d'una interferència entre dues ones de la mateixa freqüència, amplitud i longitud d'ona que es propaguen en sentit contrari. El resultat d'aquesta interferència és un conjunt de ventres i nodes. Qualsevol ona estacionària té associat un harmònic fonamental o primer, i diversos harmònics múltiples d'aquest, anomenats segon harmònic, tercer harmònic, i així successivament, la freqüència dels quals és un múltiple de la freqüència de l'harmònic primer.

Com s'exposa en el document 3, hi ha una relació entre la freqüència, la longitud de la cavitat on es genera l'ona i la velocitat de propagació del so en el medi. Aquesta relació depèn de si es tracta d'una ona estacionària amb dos extrems lliures, o bé si té un extrem lliure i un altre de fix. En el cas d'ones amb dos extrems lliures, el valor de la longitud d'ona fonamental és $\lambda = 2L$, i la dels seus harmònics és $\lambda = 2L/n$. En el cas d'ones amb un extrem fix i un lliure, la longitud d'ona fonamental és $\lambda = 4L$, i els seus harmònics són $\lambda = 4L/(2n - 1)$. A causa de la relació entre longitud d'ona, velocitat de propagació i freqüència, també podem expressar les freqüències d'una ona estacionària com a $f(n) = nv/2L$ per al cas de les ones amb ventres/nodes als dos extrems i $f(n) = (2n - 1)v/4L$ que tenen un ventre en un extrem i un node en l'altre.

Per valorar si el model d'ona estacionària permet explicar l'efecte de l'heli en el canvi de comportament del so que produeix el tracte vocal, cal tenir en compte, d'una banda, que quan s'expira heli sí que canvia la propagació del so (la magnitud v utilitzada en les equacions anteriorment exposades) i, de l'altra, que les distàncies a l'interior del tracte són fixes i no depenen de l'aire que s'expira sinó de les característiques fisiològiques de cada individu (la magnitud L utilitzada en les equacions anteriorment exposades). Així doncs, **una manera de valorar si el model d'ona estacionària serveix per explicar el comportament del gas a l'interior de les dues cavitats (font i filtre) és analitzar com un canvi en el medi (d'aire expirat a heli) implica un canvi en les freqüències (veure si f augmenta amb v mentre L és constant).**

Per tant, respecte de la cavitat font (laringe), **no es pot considerar que s'hi genera una ona estacionària, ja que no hi ha un canvi de freqüències quan s'expira heli respecte de quan s'expira aire atmosfèric.** En el document 2 s'afirma que la freqüència d'oscil·lació de les cordes vocals no depèn del tipus de gas expirat, sinó de la massa, la tensió i la geometria de les cordes. És cert que en la gràfica *a* del document 1, aquesta vibració de les cordes vocals es descriu amb un espectre de freqüències amb un fonamental i els seus harmònics (cosa que podria fer pensar que és el resultat d'una ona estacionària), però això en tot cas s'explica pel comportament de les cordes, no de l'aire en la secció font. Per tant, el model d'ona estacionària podria descriure el comportament oscil·latori de les cordes en si, però no del comportament del gas en la secció font.

En canvi, la cavitat filtre **sí que es pot considerar com a generadora d'una ona estacionària, concretament una ona estacionària amb un extrem lliure i un altre de fix.** Això es pot deduir de la forma de la gràfica d'amplitud relativa del document 1, ja que el primer pic és a 500 Hz i el segon a 1.500 Hz, i es dona la relació $f_2 = 3f_1$. En el document 2 s'explica que en presència d'heli (He) el pic de freqüència es desplaça cap a la dreta (freqüències més altes i, per tant, que hi ha una relació entre v i f). De fet, fins i tot podem estimar el valor L del sistema filtre. Si la velocitat de propagació del so en aire és de 340 m/s i el primer pic és de 500 Hz, i sabent que $\lambda = 4L$ i que $\lambda = v/f$, podem dir que $L = f/(4 \cdot v) = 500/(4 \cdot 340) = 36$ cm aproximadament.

Exercici 2

És important distingir entre el "moviment" del so, caracteritzat per la propagació dels fronts d'ona sonora, i el "moviment" de les partícules que provoquen aquesta propagació. De fet, a partir del model d'ona mecànica, diem que el desplaçament de cada partícula de forma individual és molt petit, i està caracteritzat com un MHS, és a dir, una vibració/oscil·lació entre un punt d'equilibri. Quan el so es propaga a través de l'aire o qualsevol altre gas, la velocitat de propagació no correspon a la propagació de les partícules de gas, sinó a la pertorbació en forma de canvis de pressió d'aquest gas, que caracteritzem com a front d'ona. Podem imaginar-nos unes partícules movent-se en la direcció i sentit de la pertorbació, interactuant contra altres partícules (xocant, empenyent-se...) i per tant, generant regions de l'espai amb una pressió més alta, que alhora transmeten la pertorbació a altres partícules, mentre les primeres tornen a la seva posició d'equilibri, fins que un nou front d'ona les torni a empenyer endavant.

A partir d'aquest model d'ona mecànica transversal, que explica la propagació del so, **no podem dir que les partícules de gas que surten de la boca viatgen fins a l'orella, sinó que en sortir xoquen contra altres partícules de gas, i així la pertorbació es va propagant.** Sí que és cert que hi ha un petit desplaçament de partícules en expirar (ja que el tracte vocal necessita expirar aire per provocar les vibracions), però aquest petit desplaçament no implica que arribin a l'orella. Per tal que les partícules arribin a l'orella, caldria expulsar el gas amb molta més potència que la que es fa en parlar (és a dir, bufant), però fins i tot així difícilment arribarien a l'orella del receptor situat a 4 m. Per tant, podem dir que l'afirmació *a* no pot ser certa en cap cas.

Respecte a l'afirmació *b*, podem dir que mentre s'està expirant heli, el so s'està propagant a més velocitat que si s'expirés aire atmosfèric. Ara bé, encara que l'heli expirat ocupi la regió de l'espai propera a la boca de l'emissor, el so emès ràpidament canvia de medi, i passa a propagar-se per l'aire atmosfèric. Per tant, **encara que el so s'hagi generat en un medi on es propaga més ràpid, en sortir de la boca passa a propagar-se per aire i, per tant, té la mateixa velocitat de propagació que el so generat per aire.** Per tant, podem dir que l'afirmació *b* tampoc és certa.

Exercici 3

Per explicar l'efecte de l'heli sobre el sistema font, cal dissenyar un sistema que mostri com els modes de vibració de les cordes vocals no canvien segons quin és el gas que les travessa. El document 2 afirma que la freqüència d'oscil·lació de les cordes vocals no depèn del tipus de gas expirat, sinó de la massa, la tensió i la geometria de les cordes. **Per simular l'efecte de les cordes vocals, es pot fer servir un globus inflat, tensant amb els dits l'obertura de manera que el gas de dins el globus, en sortir, faci vibrar l'obertura del globus i això generi un so.** L'experiment podria consistir a realitzar la mateixa acció, primer inflant el globus d'heli i després amb aire expirat (inflant-lo amb la boca), en tots dos casos mesurant amb l'*app* la freqüència del so emesa en hertz. Es podria repetir l'experiment amb diferents graus de tensió de l'obertura del globus, per mostrar com la freqüència del so emès sí que depèn de la tensió del globus (de manera anàloga a la tensió de les cordes vocals).

Per explicar l'efecte de l'heli sobre el filtre, cal dissenyar un sistema que mostri com els modes de vibració en l'ona estacionària que es genera dins una cavitat sí que varien segons quin és el gas que les travessa, ja que la longitud L de la cavitat és constant, però la velocitat de propagació varia. Per fer-ho, es podria fer servir el tub de goma i **tallar-ne un segment, per exemple de 10 cm de longitud. Es pot generar un tub obert pels dos extrems o bé obert per un únic extrem.** En qualsevol dels casos, caldria inflar el globus amb aire expirat i amb heli, i comparar la freqüència del so que s'emet.