



Premis Extraordinaris de Batxillerat. Convocatòria 2019-2020

Les proves es divideixen en **tres exercicis**:

- **Primer exercici** (1 hora i 30 minuts): comentari crític d'un tema general.
- **Segon exercici** (1 hora i 15 minuts): redacció en llengua estrangera.
- **Tercer exercici (1 hora i 30 minuts): matèria de modalitat.**

Física

Etiqueta identificadora de l'alumne/a	Qualificació:
--	----------------------

Instruccions

La prova consisteix en l'aplicació de models científics de la física ondulatòria per explicar un fenomen fisiològic com és la veu humana. A partir de dos documents de suport sobre l'efecte de l'heli en la veu humana, i dels vostres coneixements de física ondulatòria, heu de respondre a tres preguntes elaborant tres textos, que s'han de respondre en aquest quadernet.

Si necessiteu fulls per fer esborrany, el tribunal us en proporcionarà, i caldrà lliurar-los juntament amb el quadernet. La prova no es pot fer a llapis ni amb bolígraf esborrable.

Material

- Regle graduat.
- Calculadora (no s'autoritza l'ús de les que portin informació emmagatzemada o que puguin transmetre-la).

Criteris generals d'avaluació

- Utilitzar correctament la terminologia específica de la matèria (lèxic, unitats...) i redactar amb correcció ortogràfica.
- Respondre amb precisió i de manera concreta als temes que es demanen, amb rigor científic, claredat i coherència. Es valorarà la capacitat de síntesi i d'argumentació; també, la correcta estructuració formal del text.
- Analitzar informació sobre fenòmens explicables mitjançant la física, així com saber argumentar i comunicar sobre aquests fenòmens.
- Aplicar els conceptes i les característiques bàsiques del treball científic en analitzar fenòmens i resoldre problemes.
- Resoldre problemes amb rigor científic, precisió dels conceptes, claredat i coherència en les respostes.
- Interpretar la informació sobre situacions en què intervenen fenòmens físics presentada en forma de gràfics, diagrames, equacions... i utilitzar aquestes formes de representació per expressar i explicar aquestes situacions i abordar la resolució de problemes.

Els globus d'heli i la veu de barrufet

Quan una persona respira heli (per exemple, inspirant el gas de l'interior d'un globus inflable) i prova de parlar, la veu que produeix és molt més aguda que la que produeix normalment, similar a la veu dels barrufets, els protagonistes de la sèrie de còmic infantil *Els barrufets* adaptada per a la televisió; per això sovint se l'anomena "veu de barrufet".

Si fem una cerca per Internet podem trobar diverses explicacions a aquest fenomen, com ara "que és degut al fet que l'heli és molt menys dens que l'aire atmosfèric" o que "la velocitat de propagació del so en heli és de 927 m/s en comptes dels 340 m/s en aire atmosfèric". Si bé aquestes afirmacions són certes, no expliquen del tot el motiu del canvi de veu.

Per explicar aquesta veu, és útil el model de la font i el filtre (document 1), model de producció de la parla que diu que el tracte vocal (és a dir, el conducte que va des de les cordes vocals fins als llavis) es pot considerar un sistema format per dues cavitats: la que actua de font (que comença a les cordes vocals i recorre la laringe) i la que actua de filtre (les cavitats bucals i nasals i els elements contigus).

Exercici 1 [3 punts]: En acústica, la generació de sons en instruments de vent o de corda s'explica, de forma simplificada, a través del model d'ona estacionària (vegeu el document 3). Ara bé, com que l'aparell fonador humà és extremadament complex, el model d'ona estacionària només explica parcialment l'efecte d'expirar heli en el tipus de so que s'emet.

Argumenteu, a partir dels documents 1, 2 i 3, fins a quin punt el model d'ona estacionària permet explicar el comportament del gas a l'interior de les dues cavitats (font i filtre). Indiqueu, de la forma més clara possible, en què us baseu per fer cadascun dels vostres raonaments.

Exercici 2 [2 punts]: El so que surt del tracte vocal es propaga per l'espai en forma d'ones, que són percebudes per les orelles del receptor, que suposarem que es troba a 4 m de distància. Argumenteu, a partir dels vostres coneixements, com és el moviment de les partícules en la propagació del so, si les següents afirmacions són certes:

- Parlar expirant heli fa que les partícules de gas que surten del tracte vocal arribin abans a les orelles del receptor que quan es parla expirant aire.
- Parlar expirant heli fa que el so que surt de la boca arribi abans a les orelles del receptor.

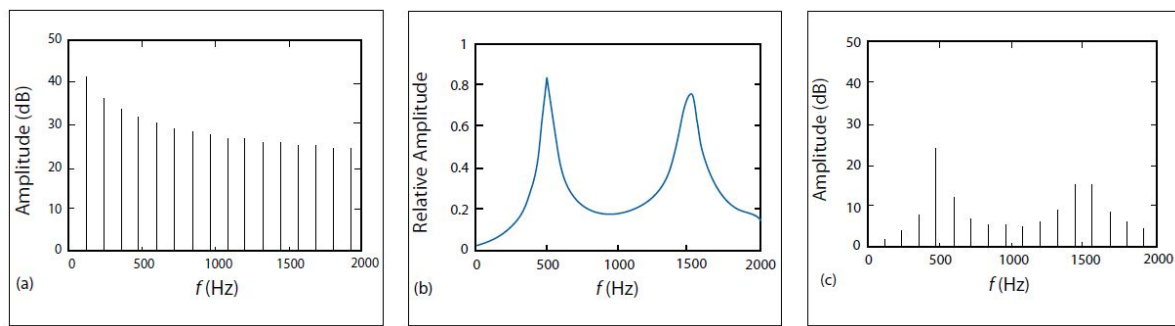
Exercici 3 [2 punts]: Imagineu-vos que disposeu d'un *smartphone* amb una *app* que permet caracteritzar el so d'una bombona amb heli, d'un globus i d'un tub de goma de laboratori de 3 cm de diàmetre, que pots tallar i foradar a conveniència. Dissenyeu dos experiments per explicar l'efecte que provoca l'heli sobre les dues cavitats del tracte vocal discutides anteriorment i que mostrin la diferència entre l'efecte de l'heli en la cavitat font i en la cavitat filtre.

[Es valorarà amb un punt la redacció correcta, coherent i cohesionada dels exercicis.]

Document 1

El model de la font i el filtre del tracte vocal

Els fisiòlegs de la veu descriuen molts aspectes de la veu humana utilitzant un senzill model de la font i el filtre del tracte vocal. La pressió dels pulmons provoca el flux d'aire per la laringe, que genera una oscil·lació de les cordes vocals. Això produeix un senyal acústic amb una freqüència fonamental i molts harmònics d'amplituds decreixents, tal com es mostra en el gràfic *a*. El conducte per on passa l'aire des de la laringe fins a la boca, anomenat filtre supralaringi, actua com a filtre acústic que esmorteix algunes freqüències del senyal acústic i permet que altres freqüències passin sense ser atenuades. El gràfic *b* il·lustra la funció de transferència associada a aquest filtre acústic, que mostra dues bandes de freqüències que es poden transmetre sense atenuació significativa. El senyal acústic final emès des de la boca és el producte del senyal original i la funció de transferència, tal com que es mostra al gràfic *c*.

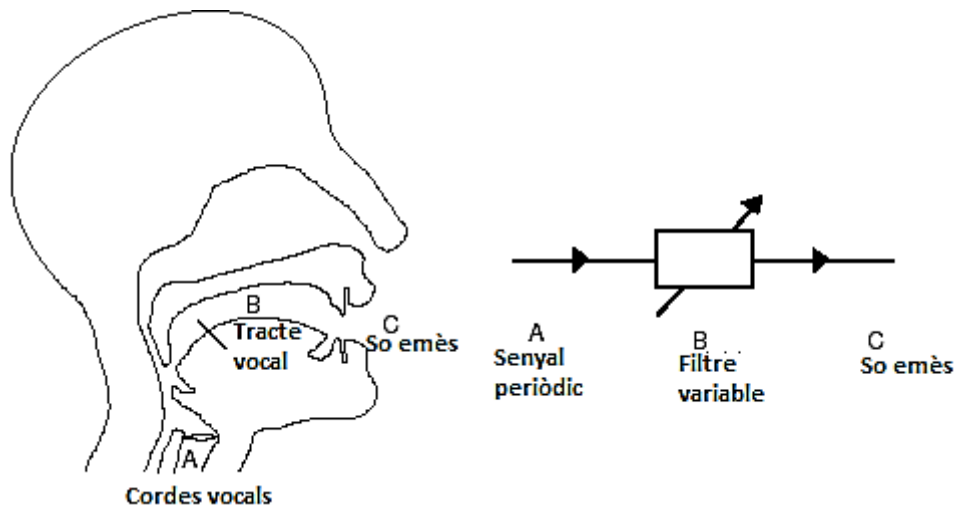


Il·lustració del model de la font i el filtre del tracte vocal: (a) espectre de freqüència de la laringe provocat per les cordes vocals; (b) la funció de transferència del filtre proporcionat pel tracte vocal; c) el senyal acústic final projectat a la boca.

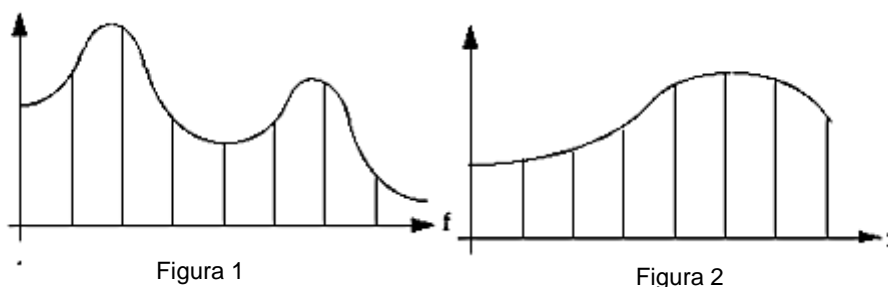
Text adaptat de Wentworth, "Helium Speech: An Application of Standing Waves", *The Physics Teacher* (2011)

Document 2

L'efecte de l'heli sobre la veu



Podeu investigar el model descrit anteriorment canviant la velocitat del so. La inhalació d'heli canvia les freqüències de les ressonàncies i, per tant, dels formants que produeixen. Tal com s'esperava del model anterior, no canvia el to, que està determinat per la tensió, la massa i la geometria de les cordes vocals. Però canvia el timbre. En la parla, és possible que hom tingui la sensació que el to hagi canviat, perquè no acostumem a pensar en el to quan escoltem la veu d'algú.



La figura 1 mostra una imatge esquemàtica de l'espectre (potència vs. freqüència) del so de la veu feta amb una configuració particular del tracte vocal ple d'aire. La línia sòlida és l'embolcall espectral; les línies verticals són els harmònics de la vibració de les cordes vocals. La figura 2 mostra l'efecte de substituir l'aire per l'heli, però mantenint la configuració del tracte igual (és a dir, intentant pronunciar la mateixa vocal que abans, però amb la gola plena d'heli). La velocitat del so és més gran, de manera que les ressonàncies es produeixen a freqüències més altes, com també ho fan els formants que produeixen ara el segon formant s'ha canviat fora de l'escala en aquest diagrama. Els teixits de les cordes vocals encara vibren a la mateixa freqüència, de manera que els harmònics es produeixen a les mateixes freqüències.

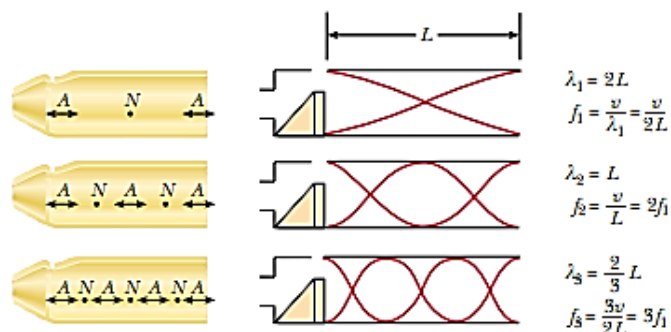
Text adaptat de Wolfe, "Music Acoustics", publicat per la University of New South Wales

Document 3

Ones estacionàries i instruments de vent

Ones amb dos extrems lliures

La majoria dels instruments de vent són d'extrems lliures. L'excepció la trobem en l'orgue, la flauta de Pan o el clarinet. Quan una ona estacionària està confinada en un espai de longitud L amb els dos extrems lliures, coincideix un antinode o ventre amb la zona oberta. Les condicions que s'imposen en aquest cas és que tant en $x = 0$ com en $x = L$ ha d'haver-hi un ventre. D'aquesta manera ens adonem que es compleix la mateixa condició que en les ones estacionàries amb tots dos extrems fixos; és a dir, $\lambda = 2L$.

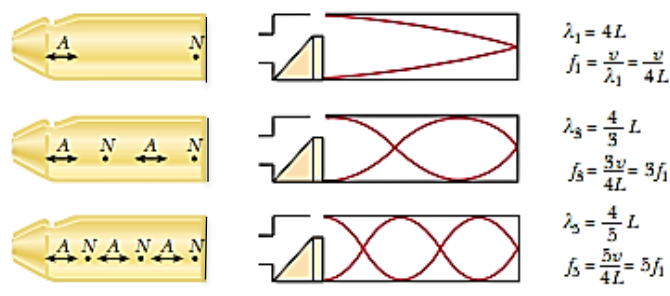


En un tub amb dos extrems lliures, les freqüències de vibració natural formen una sèrie harmònica, és a dir, els harmònics més alts són múltiples sencers de la freqüència fonamental:

$$\lambda = \frac{2L}{n}; \text{ con } n = 1, 2, 3 \dots f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L} n$$

Ones amb un extrem lliure i un altre fix

Quan les ones estacionàries estan confinades en un tub amb un extrem lliure i un de fix, com és el cas de l'orgue, la flauta de Pan i el clarinet, tenim que en $x = 0$ ha d'haver-hi un node, en canvi en $x = L$ ha d'haver-hi un ventre. Així, en el primer harmònic trobem que la longitud del tub coincideix amb una quarta part de la longitud de l'ona.



Si ens fixem en la imatge inferior, podem arribar a la fórmula general per a qualsevol longitud d'ona de qualsevol mode:

$$\lambda = \frac{4L}{2n-1} \text{ con } n = 1, 2, 3 \dots f_n = \frac{v}{4L} (2n-1)$$

Extracte d'"Ones estacionàries", del web *Fisic*

Exercici 1

Exercici 2

Exercici 3