

Concours Blanc Physique Chimie

Éléments de correction

La vie du mouton

Ouie

Q1

On applique le PFD au système tympan

$$m\vec{a} = \vec{f} + \vec{N} + \vec{t} + \vec{F} + \vec{p} + \vec{R}_N$$

où \vec{p} et \vec{R}_N sont le poids et la réaction normale du support, qui se compensent.
On projette selon \vec{e}_x

$$m\ddot{x} = -\alpha\dot{x} + N - kx - pS$$

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx = N - pS$$

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx + \frac{\gamma p_0 S^2}{V_0}x = N + \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x'$$

On applique le PFD au système oreille interne

$$m'\vec{a}' = \vec{f}' + \vec{t}' + \vec{F}' + \vec{p}' + \vec{R}'_N$$

où \vec{p}' et \vec{R}'_N sont le poids et la réaction normale du support, qui se compensent.
On projette selon \vec{e}_x

$$m'\ddot{x}' = -\alpha'\dot{x}' - k'x' + pS'$$

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' = +pS'$$

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' + \frac{\gamma p_0 S'^2}{V_0}x' = \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x$$

Q2

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' + \frac{\gamma p_0 S'^2}{V_0}x' = \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x$$

$$\left((i\omega)^2 + i\frac{\alpha'}{m'}\omega + \omega_0'^2 + \Omega_0'^2 \right) x' = \Omega_C^2 x$$

$$q = \left| \frac{\Omega_C^2}{-\omega^2 + i \frac{\alpha'}{m'} \omega + \omega_0'^2 + \Omega_0'^2} \right|$$

Pour $\alpha' = 0$, il y a résonance pour $\omega_r = \sqrt{\omega_0'^2 + \Omega_0'^2}$

Le frottement fixe la valeur finie du gain à résonance q , ainsi que la largeur de la résonance en fixant la valeur du facteur de qualité.

Q3

$$\omega_r^2 = \omega_0'^2 + \Omega_0'^2$$

$$(2\pi f_r)^2 = \frac{\gamma S'^2 p_0}{m' V_0} + \frac{k'}{m'}$$

$$V_0 = \frac{\gamma S'^2 p_0}{m' (2\pi f_r)^2 - k'} = 0,6 \text{ mm}^3$$

Si le mouton entend des ultrasons inaudibles pour l'homme, alors il entend des fréquences plus élevées que l'homme.

Soit le facteur de qualité est plus petit, donc les frottements sont plus importants. Soit la fréquence de résonance est plus élevée, donc le volume de la cavité de l'oreille est plus petite.

Vue

Q4

Lorsque l'oeil se déplace vers l'arrière de la tête, cela diminue le champ de vision binoculaire et augmente le champ de vision monoculaire.

Le berger se tient à l'arrière du troupeau. Si le mouton a la tête relevé, ce dernier n'est pas dans son champ de vision, il n'a pas peur, il avance. Si le mouton a la tête baissé (il s'arrête pour brouter par exemple), il voit le berger comme une ombre derrière lui, il a peur, il préfère relever la tête et avancer.

Q5

$$\frac{1}{\overrightarrow{OA'}} - \frac{1}{\overrightarrow{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$f' = \frac{\overrightarrow{OA'} \cdot \overrightarrow{OA}}{\overrightarrow{OA} - \overrightarrow{OA'}}$$

On applique cette formule aux différentes configurations :

$\overrightarrow{OA}'_{\text{mouton}} = d = 25\text{mm}$, $\overrightarrow{OA}'_{\text{humain}} = d = 15\text{mm}$, $\overrightarrow{OA}_{\text{mouton}}$ va de -5 cm à -2 m, $\overrightarrow{OA}_{\text{humain}}$ va de -15 cm à $-\infty$,

Donc f'_{mouton} va de 16,7 mm à 24,7 mm,

Donc f'_{humain} va de 13,6 mm à 15 mm,

Le pouvoir d'accommodation est donnée par $\frac{1}{f'_{\min}} - \frac{1}{f'_{\max}}$

Mouton on trouve 19 dioptrie

Humain on trouve 6,9 dioptrie

On part vers la Lune

Propulsion

Q6

unidirectionnel : écoulement suivant 1 direction

stationnaire : ne dépendent pas du temps

isentropique : la différence d'entropie massique Δs entre l'entrée et la sortie de la tuyère est nulle.

On peut supposer que l'écoulement est adiabatique et réversible. Adiabatique car il n'y a pas le temps d'échanges thermiques, réversible car il n'y a pas de discontinuité de pression ou de température.

Q7

Loi de Laplace $pV^\gamma = \text{cte}$

or $pV = nRT$ donc $V = nR \frac{T}{p}$

donc $p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{cte}$

Q8

$$dH = nc_p dT = n \frac{\gamma}{\gamma - 1} R dT$$

donc

$$H(T) = n \frac{\gamma}{\gamma - 1} R (T - T_0) + H(T_0)$$

Q9

$$\delta W = \delta W_e + \delta W_s = \vec{F}_e \cdot \vec{dl}_e + \vec{F}_s \cdot \vec{dl}_s = p_e S_e dl_e - p_s S_s dl_s$$

$$\delta W = p_e S_e c_e dt - p_s S_s c_s dt = \left(\frac{p_e}{\rho_e} - \frac{p_s}{\rho_s} \right) D_m dt = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

Q10

$$dU + dE_m = \delta W + \delta Q$$

La transformation est adiabatique et sans variation d'énergie potentielle donc

$$dU + dE_c = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

On utilise les relations entre système fermé et système ouvert : $U_{\Sigma_f}(t + dt) = U_{\Sigma_o} + \delta U_s$ et $U_{\Sigma_f}(t) = U_{\Sigma_o} + \delta U_e$

$E_{\Sigma_f}(t + dt) = E_{\Sigma_o} + \delta E_s$ et $E_{\Sigma_f}(t) = E_{\Sigma_o} + \delta E_e$

$$\delta U_s - \delta U_e + \delta E_{c,s} - \delta E_{c,e} = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

$$u_s D_m dt - u_e D_m dt + \frac{1}{2} c_s^2 D_m dt - \frac{1}{2} c_e^2 D_m dt = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

$$u_s - u_e + \frac{1}{2} c_s^2 - \frac{1}{2} c_e^2 = p_e v_e - p_s v_s$$

$$u_s + p_s v_s + \frac{1}{2} c_s^2 = u_e + p_e v_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

$$h_s + \frac{1}{2} c_s^2 = h_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

Le débit massique D_m

$$D_m = \frac{dm}{dt} = \rho S v = \frac{1}{v(x)} A(x) c(x)$$

$$D_m = \frac{A(x) c(x)}{v(x)}$$

Q11

$$h_s + \frac{1}{2} c_s^2 = h_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

devient

$$c^s = \sqrt{2(h_e - h_s)} = \sqrt{2 \frac{n\gamma R}{m(\gamma - 1)} (T_e - T_s)} = \sqrt{2 \frac{\gamma R}{M(\gamma - 1)} (T_e - T_s)} = c \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{T_s}{T_e}\right)}$$

$$c^s = c \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{p_s}{p_e}\right)^{(1-\gamma)/\gamma}\right)}$$

Application numérique : $\frac{c_s}{C} = 1,9$

Trajectoire des plombs d'une cartouche

Équation du mouvement

Q12

On applique le PFD au plomb

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_D + m\vec{g}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

Phase initiale : mouvement rectiligne ascendant

Q13

$$F_D = \frac{\rho_a S C_D v_0^2}{2} = \frac{1,23\pi(1,5 \cdot 10^{-3})^2 0,44380^2}{2} \text{ N} = 0,3 \text{ N}$$

$$p = mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g = \frac{4}{3}\pi(1,5 \cdot 10^{-3})^3 11350 \cdot 10 \text{ N} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

L'application numérique montre que $F_D \gg p$.

Q14

Dans l'approximation $F_D \gg p$.

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a SC_D v}{2m} \vec{v} = 0$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{g\rho_a SC_D v}{2mg} \vec{v} = 0$$

Or dans un mouvement rectiligne $dX' = vdt$

$$\frac{d\vec{v}}{vdt} + \frac{g\rho_a SC_D v}{2vmg} \vec{v} = 0$$

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} + \frac{g\rho_a SC_D}{2mg} \vec{v} = 0$$

avec $v_\infty = \sqrt{\frac{2mg}{\rho_a SC_D}}$
 et $D = -\frac{2mg}{g\rho_a SC_D}$

Q15

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} - \frac{1}{D} \vec{v} = 0$$

donc

$$\frac{[v]}{[X']} = \frac{[v]}{[D]}$$

$$[D] = [X'] = L$$

Q16

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} - \frac{1}{D} \vec{v} = 0$$

donc

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \exp\left(\frac{X'}{D}\right)$$

$|D|$ distance caractéristique parcourue par le plomb avant de ralentir.

Q17

$$|D| = \frac{2m}{\rho_a SC_D} = \frac{8R\rho}{3\rho_a C_D} = 84\text{m}$$

$$\frac{v_0}{v_\infty} = \frac{v_0}{\sqrt{g|D|}} = 13$$

$$X' = d \text{ quand } v = 10v_\infty \text{ donc } v_0 \exp(d/D) = 10v_\infty \text{ donc } d = D \ln\left(\frac{10v_\infty}{v_0}\right) = 22\text{m}$$

$$X' = 40\text{m } v_u = v_0 \exp(X'/D) = 236\text{m.s}^{-1}$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv_u^2 = \frac{2\pi}{3}\pi R^3 \rho v_u^2 = 4,5\text{J}$$

Q18

La portée utile pourrait être définie par la distance maximale à laquelle on peut envoyer les plombs dans la direction X'

Q19

Avec deux plombs numéro 1 on communique 27 J au canard, il faudrait donc $\frac{27}{4,5} = 6$ plombs numéro 5 ou $\frac{27}{0,45} = 60$ plombs numéro 10.

On peut définir la portée utile peut correspondre à $d \simeq 20$ m

Q20

On trouve une légèrement valeur inférieure au document (35 à 40 m).

En fer doux la masse volumique diminue, donc il faut augmenter R pour conserver la même énergie cinétique.

Si la grenaille s'agglutine, elle se comporte comme une seule masse plus importante, ce qui augmente beaucoup la distance de sécurité.

Troisième et dernière phase : mouvement rectiligne descendant

Q21

Chute verticale avec frottements.

Q22

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

Quand la vitesse limite est atteinte $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$

$$\frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

Donc

$$\vec{v}_\infty = -\vec{k} \sqrt{\frac{\rho_a S C_D g}{2m}}$$

Quelque soit la hauteur de la chute, la vitesse admet v_∞ comme vitesse maximale. Cette limitation est due à la force aérodynamique.

Deuxième phase : la phase intermédiaire

Q23

Si la vitesse diminue beaucoup alors $F_D \ll p$ donc c'est le poids qui devient la force prépondérante.

Q24

On obtient 264 m (n°1), 217 m (n°5), 139 m (n°10).

C'est inférieur à la formule diamètre*100, pour des raisons de marges de sécurité.

Q25

Lecture graphique 18° (n°1), 17° (n°5), 16° (n°10).

Q26

Graphique ou calcul au choix 345 m (n°1), 265 m (n°5), 170 m (n°10).

On se rapproche des valeurs du document 1.