Universite Mohammed V- Agdal
Faculté des Sciences de Rabat
Département de Physique

Annee universitaire 04-05

Contrôle final de Physique
SVI-STU
Mécanique et mécanique des fluides
Semestre S 1 - Session de janvier
Durée : 1 heure

Nom et prénom :
Lieu d'examen :
Groupe de TD :

N.B. : Les réponses doivent être portées sur cette double feuille
Bon courage M. ABD-LEFDIL

MECANIQUE 10 POINTS

I- <u>3 points</u> Un CD (Compact Disc) effectue 318 tours en 100 s.
a- Calculer la vitesse angulaire moyenne en rad/s.
b- Calculer la vitesse d'un point situé sur la tangente au CD sachant que le diamètre d'un CD est de 12 cm.
c- Quelle est la vitesse angulaire après une heure si le CD a une accélération angulaire de 0.01 m/s^2.

a- $\omega_{moy} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ **A.N.:** $\omega_{moy} = \frac{318\,t}{100} = \frac{318\ 2\pi}{100} = 20\ \text{rad/s}.$

b- $V = r\ \omega_{moy}$ **A.N.:** $V = 6\ 10^{-2}\ 20 = 1{,}2$ m/s

c- $\omega = \alpha\ t + \omega_0$ où α est l'accélération angulaire et ω_0 la vitesse angulaire initiale ($\omega_0 = \omega_{moy}$)
A.N.: $\omega = (0{,}01 \times 3600) + 20 = 56$ rad/s

II- <u>3 points</u> Imaginons que les globules rouges soient de petites sphères de rayon R= 2 μm et de masse volumique ρ = 1300 g/ℓ.
a- Calculer le poids d'un globule rouge.
b- Calculer la force centrifuge que produit une centrifugeuse de vitesse de rotation égale à 10^4 tours/min et de rayon r=10 cm ? Conclure
L'accélération de la pesanteur g est égale à 9,8 m/s^2.

a- $P = m\,g = \rho\,V\,g = \rho\ \frac{4}{3}\pi R^3\,g$ **A.N.:** $P = 1300\ \frac{4}{3}\pi(2\ 10^{-6})^3\ 9{,}8 = 4{,}27\ 10^{-15}$ N

b- $F_C = m\,\omega^2\,r = \rho\ \frac{4}{3}\pi R^3\,\omega^2\,r$ **A.N.:** $F_C = 1300\ \frac{4}{3}\pi(2\ 10^{-6})^3\ [10^4\ 2\pi\ \frac{1}{60}]^2\ 10^{-1} = 4{,}77 10^{-9}$ N

On remarque que $F_C/P \approx 10^6$: $F_C >> P$: c'est un des intérêts des centrifugeuses car elles réduisent le temps de sédimentation.

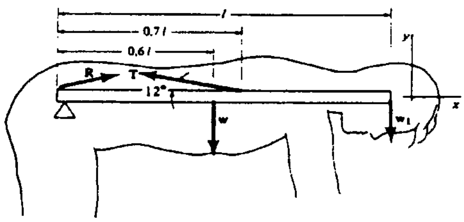
III- <u>4 points</u> La colonne vertébrale humaine comprend 24 vertèbres séparées par des disques qui contiennent un liquide appelée liquide cephalo rachidien (LCR).
Lorsqu'on se penche pour ramasser un objet, une force très importante apparaît sur le disque lombo-sacré qui sépare la dernière vertèbre de l'os qui supporte la colonne vertébrale (le sacrum).
Si on assimile la colonne vertébrale à une barre qui tourne autour d'un pivot comme le montre la figure ci-dessous, on peut dire que :

Le sacrum exerce une force $\vec{R}$ sur la colonne vertébrale. Les différents muscles du dos sont équivalents à un seul muscle produisant une tension $\vec{T}$.

$\vec{P}$ étant le poids du torse et des bras et $\vec{W}$ le poids de la tête.

a- A l'aide des données de la figure, calculer T et R pour W= $P = 490$ N et $W_1 = W = 175$ N.

b- Déterminer l'angle que fait $\vec{R}$ avec l'horizontal ? Commenter le résultat obtenu.



a- Les équations de l'équilibre sont données par :

$$\Sigma \vec{F}_{appl} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} + \vec{P} + \vec{W} = \vec{0}$$

$$\Sigma \underset{/\text{point}}{\vec{M}} \vec{F}_{appl} = \vec{0} \Leftrightarrow \underset{/\text{point}}{\vec{M}} \vec{R} + \underset{/\text{point}}{\vec{M}} \vec{T} + \underset{/\text{point}}{\vec{M}} \vec{P} + \underset{/\text{point}}{\vec{M}} \vec{W} = \vec{0}$$

On calculera les moments par rapport à un point qu'on choisira (par exemple le point d'application r de la force $\vec{R}$).
En projetant sur un système d'axes OXY, on obtient :
Par rapport à OX : $-T_x + R_x = 0 \Leftrightarrow -T\cos 12 + R_x = 0$ **(1)**
Par rapport à OY : $-P_y - W_y + T_y + R_y = 0 \Leftrightarrow -P - W + T\sin 12 + R_y = 0$ **(2)**
Quant aux moments par rapport au point r :

$\underset{/r}{\vec{M}} \vec{R} = \vec{0}$; $\underset{/r}{\vec{M}} \vec{T} = \vec{rt} \wedge \vec{T} = 0.7l$ $T\sin 12(\vec{i} \wedge \vec{j})$

$\underset{/r}{\vec{M}} \vec{P} = \vec{rp} \wedge \vec{T} = -0.6l$ $P(\vec{i} \wedge \vec{j})$ et $\underset{/r}{\vec{M}} \vec{W} = \vec{rw} \wedge \vec{W} = -l$ $W(\vec{i} \wedge \vec{j})$

D'où : $-0.6P + 0.7T\sin 12 - W = 0$ **(3)**
A partir de l'équation (3), on obtient T **= 3221 N**
$T_x = T\cos 12 = R_x =$ 3150 N
$R_y = P + W - T\sin 12 =$ 5 N
$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \approx$ **3150 N**

b- L'angle α que fait $\vec{R}$ avec l'horizontal est donnée par : $\text{tg}\alpha = \dfrac{R_y}{R_x}$

A.N. : $\text{tg}\alpha = \dfrac{5}{3150}$ soit $\alpha \approx 0{,}09$ ° $\vec{R}$ est presque une force horizontale

MECANIQUE DES FLUIDES 10 POINTS

I- <u>2 points</u> Une balle de ping-pong a une masse volumique ρ_p égale à 0.0840 g/cm^3 et un diamètre de 3.8 cm.
a- Calculer la fraction de volume de la balle de ping-pong immergé dans l'eau.
b- Quelle force faut-il appliquer pour submerger totalement la balle dans l'eau?
On rappelle que ρ_{eau}=1000 Kg/m^3.

a- A l'équilibre $\vec{P}+\vec{P}_A=\vec{0}$ où P est le poids de la balle de ping pong et P_A la poussée d'Archimède. Par projection sur un axe ascendant (par exemple) :

$P_A - P = 0 \Leftrightarrow \rho_{eau}\, V_{im}\, g - \rho_p\, V_{tot}\, g = 0 \Leftrightarrow \dfrac{V_{im}}{V_{tot}} = \dfrac{\rho_p}{\rho_{eau}}$ **A.N. :** $\dfrac{V_{im}}{V_{tot}} = 8{,}4\ \%$

b- Dans ce cas $\vec{P}+\vec{P}_A+\vec{F}=\vec{0}$ avec $\vec{F}$ la force appliquée de l'extérieur.
Par projection sur un axe ascendant : $P_A - P - F = 0 \Leftrightarrow (\rho_{eau} - \rho_p)\, V_{tot}\, g = F$

$\Leftrightarrow F = (\rho_{eau} - \rho_p)\, \dfrac{4}{3}\pi r^3 g$ **A.N. :** $F = 0{,}26$ N

II- <u>2 points</u> Le sang, considéré comme un fluide parfait, coule à travers l'artère aorte de rayon 1 cm avec un débit de 0.0954 kg/s.
La masse volumique du sang est égale à 1060 kg/m^3.
Calculer la vitesse du sang dans l'artère aorte.

$Q = 0{,}0954\ \text{Kg/s} = \dfrac{0{,}0954}{\rho}$ m^3/s où ρ est la masse volumique du sang.

et $Q = A\, v = \pi r^2 v$. On obtient alors: $v = \dfrac{0{,}0954}{\rho \pi r^2}$ **A.N.** : $v = 0{,}29$ m/s

III- <u>2 points</u> Une couche de glycérine d'épaisseur 1.5 mm est placée entre 2 lamelles d'un microscope de largeur 1.0 cm et de longueur 4.0 cm.
Chercher la force nécessaire qu'il faut exercer sur une lamelle pour atteindre une vitesse de 0.30 m/s par rapport à l'autre lamelle supposée fixe.
La viscosité de la glycérine est égale à 1.5 N.s/m^2.

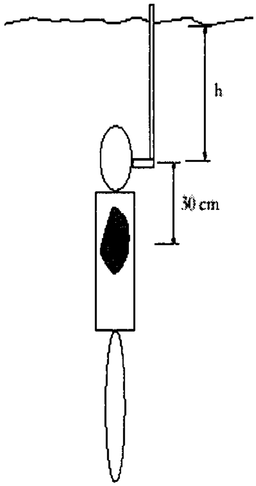
On a : $F = \eta A \dfrac{\Delta v}{\Delta z}$
où A est la surface = $10^{-2}\ 4\ 10^{-2} = 4\ 10^{-4}$ m^2, η est la viscosité de la glycérine,
$\Delta v = v_2 - v_1 = 0{,}3 - 0 = 0{,}3$ m/s (vitesse d'une lame par rapport à l'autre supposée fixe),
Δz l'épaisseur de la couche de glycérine $= 1{,}5\ 10^{-3}$ m.

A.N.: $F = 0{,}12$ N

IV- 2 points / La différence maximale de pression d'inspiration que les poumons sont capables de générer est 86 mm Hg.

a- Exprimer cette pression en Pa.

b- Jusqu'à quelle profondeur h sous l'eau, une personne peut utiliser le « snorkel » pour respirer s'il est debout comme l'indique la figure?



a- On a 760 mm Hg = 1.015 10^5 Pa d'où 86 mm Hg = 11.5 10^3 Pa

b- La variation de pression due à la profondeur h est donnée par : $\Delta P = \rho_{eau}\, g\, h$.

Avec une détente maximale, les poumons sont capables de générer une différence de pression égale à 86 mm Hg. Par conséquent, la profondeur maximale h_{max} est égale à :

$$h_{max} = \frac{\Delta P}{\rho_{eau} g}$$ **A.N.:** $h_{max} = 1{,}17$ m

A partir de la figure, $h_{lim} = h_{max} - 0.30 = 0.87$ m où h_{lim} représente la limite supérieure à partir de laquelle on peut utiliser un snorkel.

Dans la pratique, on prendra $h < h_{lim}$ pour être sur de respirer correctement (généralement on utilisera $h = \frac{h_{lim}}{2}$)

V- 2 points Une artère saine a un rayon R_1. Lorsqu'elle est atteinte par une maladie appelée artériosclérose, son rayon devient $R_2 < R_1$ et le débit sanguin Q est réduit d'un facteur 3 pour une même chute de pression ΔP. η étant la viscosité du sang à 37 °C.

a- Donner **sans démonstration** la loi de Poiseuille pour un tube cylindrique de rayon R et de longueur L.

b- Calculer le rapport R_2/R_1.

a- $\Delta P = Q\frac{8\eta L}{\pi R^4}$ Loi de Poiseuille

b- $\Delta P_1 = Q_1\frac{8\eta L}{\pi R_1^4}$ et $\Delta P_2 = Q_2\frac{8\eta L}{\pi R_2^4}$

Or $\Delta P_1 = \Delta P_2$ et $Q_1 = 3\,Q_2$ D'où : $\frac{R_2}{R_1} = \left[\frac{1}{3}\right]^{0.25}$ **A.N.:** $\frac{R_2}{R_1} = 0.76$