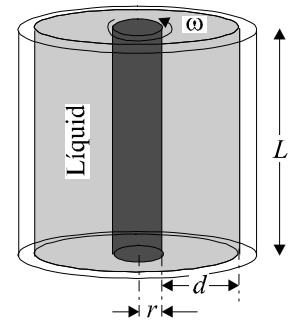


Viscositat

1. La relació entre la viscositat i la viscositat cinemàtica en funció de la temperatura és lineal? Justifiqueu la resposta.

Sol.: No, atès que la densitat d'un fluid també depèn de la temperatura.

2. Per mesurar la viscositat s'utilitza un aparell que consisteix en un cilindre buit al centre del qual s'hi col·loca un cilindre massís de radi r i longitud L tal com s'indica a la figura adjunta. El cilindre exterior es troba fix, mentre que el cilindre interior pot girar sota l'acció d'un parell de forces. (a) Demostreu que el parell de forces M que cal aplicar per que el cilindre giri amb una velocitat angular ω és: $M = \frac{2\pi r^3 L}{d} \eta \omega$. (b)



La mesura de la viscositat es fa mesurant el parell de forces i la velocitat angular. Les dimensions del viscosímetre són $L=50$ cm, $d=1$ cm, $r=0,5$ cm. Si a l'interior col·loquem un oli que es troba a 20°C , la velocitat angular és de $3,5$ rad/s i el parell de forces aplicat és igual a $1,36 \cdot 10^{-4}$ Nm, quina és la viscositat d'aquest oli a 20°C ?

Sol.: b) $0,989$ Pa·s.

Flux laminar i turbulent

3. S'ha comprovat experimentalment que el flux d'un fluid de densitat ρ i viscositat η a través d'una canonada de radi r és laminar si el número de Reynolds és més petit que 2000 i és inestable (intermitent o turbulent) quan és superior a 2000. Recordeu que el número de Reynolds es defineix com: $R = \frac{2\bar{v}r\rho}{\eta}$, on \bar{v} és la velocitat mitjana del fluid dins la canonada. (a) Calculeu el número de Reynolds per al flux de la sang a través de l'aorta i d'un capil·lar. (b) Com és el flux de la sang en sistema circulatori, laminar o turbulent? Dades; a 37°C la densitat de la sang és $1,0595$ g/cm³ i la viscositat és $2,084$ cp, el radi típic d'un capil·lar és 2 μm i la velocitat del flux sanguini és $0,33$ mm/s i a l'aorta el radi és de $1,3$ cm i la velocitat mitjana del flux sanguini és $0,2$ m/s.

Sol.: a) 2643 i $6,71 \cdot 10^{-4}$; b) inestable a l'aorta i laminar al capil·lar.

4. Demostreu que en un tub de radi r pel que flueix un cabal Q d'un fluid de densitat ρ i viscositat η el número de Reynolds es pot expressar de la següent manera: $R = \frac{2Q\rho}{\pi r \eta}$.
5. Quan el flux és turbulent es produeix una major dissipació d'energia en forma de soroll i calor. (a) Quin és el màxim cabal d'aigua que pot circular per una canonada de 1 cm de radi mantenint un flux laminar? Supposeu que la temperatura de l'aigua és 20° . (b) Si tenim en compte que la viscositat de l'aigua disminueix considerablement en augmentar la temperatura, ¿quan és més fàcil que les canonades de la conducció d'aigua facin soroll, l'estiu o l'hivern? Dades: a 20°C la viscositat de l'aigua és de $1,005$ cp i la densitat $998,2$ kg/m³.

Sol.: a) 31,6 cm³/s; b) l'estiu.

Flux viscós

6. Per regar un camp un pagès necessita fer passar un cabal de 100 L/s per una canonada de 10 m de llargada i 5 cm de diàmetre. Per aconseguir-ho ha de connectar una bomba a la sèquia. Quina potència haurà de subministrar aquesta bomba? Dada: a 20°C la viscositat de l'aigua és de 1,005 cp i suposeu que el flux és laminar.

Sol.: 655 W.

7. (a) Quina és la resistència al pas de l'aigua d'un capil·lar de vidre de 20 cm de longitud i 0,06 cm de radi? (b) Quin és el cabal que passa a través del capil·lar quan la diferència de pressió entre els seus extrems és de 15 cm de H₂O? (c) Quina és la diferència de pressió quan el flux és de 0,5 cm³/s? Dades: la viscositat de l'aigua a 20°C és de 1,005 cp i suposeu que el flux és laminar.

Sol.: a) 3,95 10⁹ Ns/m⁵; b) 0,372 cm³/s; c) 1975 Pa.

8. ¿Quina és la potència dissipada en un tub que transporta un fluid amb una cabal de 0,15 m³/s si la resistència al flux és de 4 10⁴ Pa·s/m³?

Sol.: 900 W.

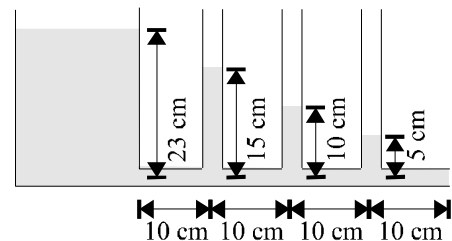
9. Es fa passa per un tub un cabal de 0,01 m³/s d'un determinat fluid. La potència dissipada és 1,5 W per cada metre de longitud. Quina és la resistència al flux en un metre de tub?

Sol.: 15000 Pa·s/m³

10. Per un tub de 0,02 m de radi de radi flueix aigua que es troba a una temperatura de 20°C. A cada metre de longitud es produeix una caiguda de pressió de 100 Pa i una disminució de potència de 0,8 W. (a) Quin és el cabal que circula pel tub? (b) Quina es la velocitat mitjana de l'aigua? (c) És laminar el flux?

Sol.: a) 8 10⁻³ m³/s; b) 6,37 m/s; c) No.

11. A partir de les dades de la figura i coneixent la densitat del líquid (1g/cm³) i la secció circular és de 10cm². Calculeu la velocitat mitjana del fluid a la canonada, (b) la viscositat del fluid en cp.

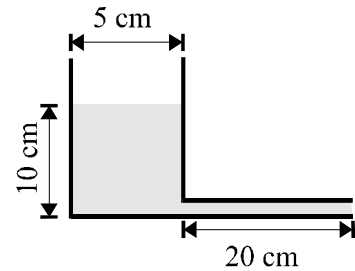


Sol.: a) $v=76,7$ cm/s, b) $\eta= 250$ cp.

12. La caiguda de pressió al llarg d'una canonada de coure és de 103 Pa i el cabal de líquid al llarg d'aquesta canonada és 0,01 m³/s. (a) Quina és la resistència al flux? (b) Quina potència cal subministrar per a mantenir el flux? (c) Aquest càlcul és vàlid tant per un flux laminar com un flux turbulent?

Sol.: a) 10,3 kPa·s/m³; b) 103 W; c) si.

13. L'aigua del dipòsit de la figura va escapant per un capil·lar horitzontal de 0,5 mm de diàmetre. Calculeu el temps que triga en baixar el nivell d'aigua de 10 cm a 5 cm si la viscositat de l'aigua és 1,00 mPa·s. Supposeu que la velocitat del fluid dins del capil·lar és molt petita.



Sol.: 5 h 1 min.

Moviment de sòlids en fluids

14. Una esfera d'acer de 0,1 cm de radi es deixa caure en un tub ple de glicerina. (a) Suposant que la força d'arrossegament segueix la llei de Stokes ¿Quines seran les velocitats límits de l'esfera si la glicerina es troba a 20°C, 40°C, 60°C i 80°C? (b) Calculeu el numero de Reynolds pels quatre casos anteriors. (c) És correcte suposar que la força d'arrossegament segueix la llei de Stokes? Dades; el coeficient de viscositat de la glicerina és 1,30 Pa·s a 20°C, 0,34 Pa·s a 40°C, 0,10 Pa·s a 60°C i 0,036 Pa·s a 80°C la densitat de l'acer és 7,8 g/cm³ i la densitat de la glicerina és 1,26 g/cm³.

Sol.: a) 0,011 m/s; 0,042 m/s; 0,14 m/s; 0,396 m/s; b) 0,011; 0,16; 1,79; 13,8; c) Pels dos primers casos sí per la resta no.

15. Un glòbul vermell esfèric de $5 \cdot 10^{-6}$ m de radi i densitat $1,3 \cdot 10^3$ kg/m³ es troba en aigua a 37°C. Quina serà la seva velocitat límit en caiguda? Dades; densitat de l'aigua a 37°C 992 kg/m³, viscositat de l'aigua a 37°C 0,695 cp. Supposeu que es compleix la llei de Stokes.

Sol.: $2,41 \cdot 10^{-5}$ m/s.

16. (a) ¿Quin és el radi màxim d'una partícula de pols de densitat $3 \cdot 10^3$ kg/m³ per a que la llei de Stokes sigui vàlida en el càlcul de la velocitat límit de caiguda d'aquesta partícula en aire a 20°C? (b) Repetiu l'apartat anterior però suposant que la partícula és mou en aigua a 20°C? Dades: la densitat i viscositat de l'aire a 20°C són 1,204 kg/m³ i $1,81 \cdot 10^{-5}$ Pa·s respectivament, la densitat i viscositat de l'aigua a 20°C són 998 kg/m³ i $1,005 \cdot 10^{-3}$ Pa·s

Sol.: a) $3,47 \cdot 10^{-5}$ m; b) $6,14 \cdot 10^{-5}$ m.

17. (a) Demostreu que quan la força d'arrossegament és proporcional a la velocitat al quadrat del cos, la velocitat límit que assoleix un cos en caiguda en el si d'un fluid es pot expressar de la

següent manera: $v = \sqrt{\frac{2g(\rho - \rho_0)V}{C_A \rho_0 A}}$, on C_A és el coeficient d'arrossegament, ρ i ρ_0 són les

densitats del cos i del fluid respectivament, V el volum del cos i A la secció transversal del cos perpendicular a la direcció del moviment. (b) A partir de la relació anterior, esbrineu quan la velocitat límit en la caiguda lliure d'un home serà més petita: si estén els braços i les cames o si cau en posició encogida. Supposeu que un home de 80 kg de massa i densitat 0,96 kg/L salta des d'una avió. La densitat de l'aire a 20°C és de 1,204 kg/m³. (c) Quina és la velocitat límit si cau amb cames i braços estesos? Supposeu que el coeficient d'arrossegament és 1, i que la secció transversal és 0,56 m². (d) Quina és la velocitat límit si cau en posició encogida? Supposeu que la secció transversal és 0,30 m².

Sol.: b) braços i cames estesos; c) 48,2 m/s; d) 65,8 m/s.

18. En un dia de tempesta la pedra, que té una forma aproximadament circular, pot assolir fàcilment dimensions de l'ordre de 1 cm de radi. (a) ¿Quina velocitat límit assoleix la pedra si suposem que la força de frec deguda a l'aire ve determinada per la llei de Stokes? (b) ¿Quina velocitat límit assoleix la pedra si suposem que el moviment de l'aire al voltant de la pedra és turbulent? (c) Calculeu el número de Reynolds pel primer cas i indiqueu quin dels dos resultats és més realista. Dades: densitat del gel $0,917 \text{ g/cm}^3$, densitat de l'aire a 20°C $1,204 \text{ kg/m}^3$, viscositat de l'aire a 20°C $1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$ i suposeu que el coeficient d'arrossegament és igual a 1.

Sol.: a) 11000 m/s; b) 14,1 m/s; c) $7,33 \cdot 10^6$, el segon resultat és molt més realista.

19. Els múscles encarregats d'impulsar un peix dins l'aigua generen una potència e 0,4 kW, de la qual el 60% s'aprofita per a la natació. Si el peix pot arribar a moure's fins una velocitat de 5 m/s i si l'àrea màxima de la seva secció transversal en la direcció del moviment és de 100 cm^2 , quin és el valor del coeficient d'arrossegament?

Sol.: 0,384.

20. Una pilota de beisbol té una massa de 0,149 kg i un radi de 0,037 m. Una pilota de tenis taula té una massa de $3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ i un radi de 0,018 m. Es llencen ambdues a l'aire amb una velocitat horitzontal de 15 m/s. (a) Quina és inicialment la raó entre les forces d'arrossegament que actuen sobre cadascuna de les pilotes? (b) Quina és inicialment l'acceleració deguda a la força d'arrossegament que actua sobre cadascuna de les pilotes? Nota; suposeu que $C_A=1,0$.

Sol.: a) 4,22; b) $3,91 \text{ m/s}^2$, $45,9 \text{ m/s}^2$.

Centrifugació i sedimentació

21. Una molècula d'una proteïna té una massa de 10^5 uma ($1 \text{ uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) i una densitat de $1,35 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Dins d'una centrifugadora es sotmet a una acceleració de $2 \cdot 10^5 g$ (a) Si es troba en aigua, quin és el seu pes efectiu? (b) quina és la força d'empenta?

Sol.: a) $3,25 \cdot 10^{-16} \text{ N}$; b) $2,41 \cdot 10^{-16} \text{ N}$.

22. Un virus té una massa molecular de $1,06 \cdot 10^7 \text{ uma}$ i una densitat de $1,35 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. El factor geomètric en aigua val $3,58 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ a 20°C . Quin temps cal per a que sedimenti 10^{-2} m si l'acceleració centrífuga és igual a $10^5 g$?

Sol.: 805 s.

23. El virus del mosaic del tabac té una densitat de 1370 kg/m^3 i el factor geomètric en aigua és $1,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ a 37°C . Si l'acceleració centrífuga és igual a $2,0 \cdot 10^5 g$, el valor experimental de la velocitat de sedimentació a 37°C és $3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Quina és la massa molecular d'aquest virus?

Sol.: $4,91 \cdot 10^7 \text{ uma}$.