AKM 204-BÖLÜM 2-UYGULAMA SORU VE ÇÖZÜMLERİ

1. Hacmi 73.6 L olan bir otomobil lastiği içerisindeki hava 32 ºC sıcaklıkta ve 137.9 kPa etkin basınç altında bulunmaktadır. Lastik basıncını, önerilen 206.8 kPa etkin basınç değerine çıkarmak için lastiğe ne kadar hava basılması gerektiğini hesaplayınız. Atmosfer basıncının 101 kPa olduğunu, ayrıca sıcaklık ve lastik hacminin değişmediğini kabul ediniz.

Varsayımlar: 1) Verilen koşullarda hava ideal gaz olarak alınmıştır. **2)** Lastiğin hacmi sabit kalmıştır.

Özellikler: Havanın gaz sabiti R=0.287 kPa.m^3/kg.K

$P_1 = P_{g1} + P_{atm} = 137.9+101 = 238.9$ kPa

$P_2 = P_{g2} + P_{atm} = 206.8+101 = 307.8$ kPa

$$m_1 = \frac{P_1 * V}{R * T} = \frac{(238.9 \text{ kPa}) * (73.6 \text{ L}) * \left(\frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ L}}\right)}{0.287 \text{ kPa}.\frac{\text{m}^3}{\text{kg. K}} * (32 + 273.15 \text{ K})} = 0.201\ kg$$

$$m_2 = \frac{P_2 * V}{R * T} = \frac{(307.8 \text{ kPa}) * (73.6 \text{ L}) * \left(\frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ L}}\right)}{0.287 \text{ kPa}.\frac{\text{m}^3}{\text{kg. K}} * (32 + 273.15 \text{ K})} = 0.259\ kg$$

$\Delta m = m_2 - m_1 = 0.259 - 0.201 =$ **0.058 kg**

2. Su bir pompa ile yüksekte bulunan bir depoya pompalanmaktadır. Su sıcaklığı 20°C olduğuna göre kavitasyondan kaçınmak için pompa içerisinde izin verilebilecek en düşük basıncın ne olacağını belirleyiniz.

Özellikler:

20°C'de suyun buharlaşma basıncı: 2.339kPa'dır.

Çözüm:

Kavitasyondan kaçınmak için, sistemdeki basıncın sistemin hiçbir yerinde, verilen sıcaklıktaki suyun buharlaşma basıncının altına düşmemesi gerekir. Yani;

$P_{min} = P_{sat@20°C} = 2.339kPa$ olması gerekir.

3. 20 ºC'deki su içerisinde çalışan bir pervanenin analizi, yüksek hızlarda pervane uçlarındaki basıncın 2 kPa'a kadar düştüğünü göstermiştir. Bu pervane için kavitasyon riskinin bulunup bulunmadığını belirleyiniz.

Özellikler: 20 ºC'de suyun buhar basıncı 2.339 kPa'dır.

Kavitasyondan kaçınmak için, basınç değerinin akışın her yerinde verilen bir sıcaklık için buhar (doyma) basıncının üstünde olması gerekir.

$P_v = P_{sat@20\,^{o}C} = 2.339$ kPa

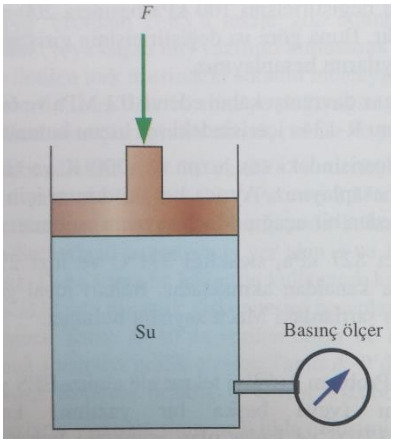
Pervanedeki minimum basınç 2 kPa'dır ve bu değer buhar basıncından düşüktür. Bundan dolayı, pervanede kavitasyon tehlikesi vardır.

4. 150 ºC sıcaklığındaki doymuş su buharı (h=2745.9 kJ/kg), z=10 m yükseklikte V= 50 m/s hızla akmaktadır. Su buharının yere göre sahip olduğu toplam enerjiyi J/kg olarak hesaplayınız.

Toplam enerji: $\mathrm{e = h + \frac{V^2}{2} + gz}$

$$\boldsymbol{e} = 2745.9 * 10^3 \, \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}} + \frac{\left(50\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{2} + \left(9.81 \, \frac{m}{s^2}\right) * (10 \text{ m}) \cong \mathbf{2.7472 * 10^6 \, J/kg} \cong \mathbf{2747.2 \, kJ/kg}$$

5. Şekilde gösterilen sürtünmesiz piston-silindir düzeneğinde atmosfer basıncı altında 20°C sıcaklığında 10 kg su bulunmaktadır. Daha sonra pistona bir F kuvveti uygulanarak içerideki basıncın izotermal olarak 100 atm'ye çıkması sağlanmaktadır. Bu sıkıştırma esnasında suyun sıkıştırılabilirlik katsayısının değişmediği kabul edilerek suyu sıkıştırmak için ne kadar enerji harcandığını belirleyiniz.



Kabuller: Suyun sıkıştırılabilirlik katsayısı sıkıştırma sırasında sabit kalmaktadır.

Çözüm:

Silindir içerisindeki su sistem olarak alınmıştır. Suyu sıkıştırmak için gereken enerji, sistem üzerinde yapılan işe eşittir ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$W = -\int_1^2 PdV \qquad \mathbf{(1)}$$

Suyun sıkıştırılabilirlik tanımından;

$$\kappa = -\frac{dP}{\frac{dV}{V}} \rightarrow \frac{dV}{V} = -\frac{dP}{\kappa}$$

Bu ifadeyi başlangıç durumundan herhangi bir duruma aşağıdaki şekilde integre edebiliriz:

$$\int_{V_0}^{V} \frac{dV}{V} = -\int_{P_0}^{P} \frac{dP}{\kappa} \rightarrow ln\frac{V}{V_0} = -\frac{P-P_0}{\kappa}$$

Buradan P'yi elde edebiliriz: $P = P_0 - \kappa ln\frac{V}{V_0}$

Burada elde ettiğimiz basınç ifadesini Denklem (1)'de yerine yazarsak;

$$W = -\int_{V_0}^{V_1} PdV = -\int_{V_0}^{V_1}\left(P_0 - \kappa ln\frac{V}{V_0}\right)dV = \left[-P_0V + \left\{\kappa V\left(\ln\frac{V}{V_0} - 1\right)\right\}\right]_{V_0}^{V_1} \quad \text{ya da}$$

$$W = (P_0 + \kappa)(V_0 - V_1) + \kappa V_1 ln\frac{V_1}{V_0}$$

$\frac{V_1 - V_0}{V_0} \cong -\alpha(P_1 - P_0)$ ya da $V_1 \cong V_0(1 - \alpha(P_1 - P_0))$

α: Suyun izotermal sıkıştırılabilirliği=4.80x10^{-5} atm^{-1} @20°C

Başlangıçta 10 kg suyun kapladığı hacim: $V_0 = 10x10^{-3}m^3$

Sıkıştırıldıktan sonraki hacim:

$$V_1 \cong (0.01m^3)[1 - (4.80x10^{-5}atm^{-1})x(100\ atm - 1\ atm)] = 9.952x10^{-3}m^3$$

Sistem üzerinde yapılan iş:

$$W = (P_0 + \kappa)(V_0 - V_1) + \kappa V_1 ln\frac{V_1}{V_0}$$

$$\kappa = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{4.8x10^{-5}} = 20833{,}33 \cong 21000$$

$$W = (1\ atm + 21000atm)(10x10^{-3}m^3 - 9.952x10^{-3}m^3) +$$
$$(21000atm)x\ (9.952x10^{-3}m^3)ln\frac{9.952x10^{-3}m^3}{10x10^{-3}m^3} = 2.79x10^{-3}atm.m^3 \cong 282.7\ J$$

6. Yeni imal edilen 2 m çapında ve 15 m boyundaki bir boru, 15 ºC sıcaklığındaki su kullanılarak 10 MPa basınç altında test edilecektir. Bunun için önce borunun iki ucu sızdırmaz şekilde kapatılmakta ve borunun içi tamamen suyla doldurulmaktadır. Daha sonra test basıncına çıkılana kadar bir pompa yardımıyla boru içerisine fazladan su basılmaktadır. Boru çeperlerinin esnemediğini kabul ederek boru içerisine fazladan basılması gereken su miktarını hesaplayınız. Suyun hacimsel sıkıştırılabilirliği 2.10 X 10^9 Pa alınabilir.

Varsayımlar: 1) Boruda deformasyon yoktur.

Özellikler: Suyun hacimsel sıkıştırılabilirliği 2.10 X 10^9 Pa olarak verilmiştir.

$$\kappa \cong \frac{\Delta P}{\frac{\Delta\rho}{\rho}} \rightarrow \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta P}{\kappa} \text{ or } \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} = \frac{\Delta P}{\kappa}$$

$$\rho_2 = \rho_1 * \left(1 + \frac{\Delta P}{\kappa}\right) = (1000kg/m^3\ ) * \left(1 + \frac{10 * 10^6\ Pa}{2.10 * 10^9\ Pa}\right) = 1004.76\ kg/m^3$$

Fazladan basılan su miktarı [kg]:

$$m = V * \Delta\,\rho = \frac{\pi D^2}{4}L * \Delta\,\rho = \frac{\pi(2m)^2}{4}15 * \left(1004.76\frac{kg}{m^3} - 1000\frac{kg}{m^3}\right) \cong \mathbf{224\ kg}$$

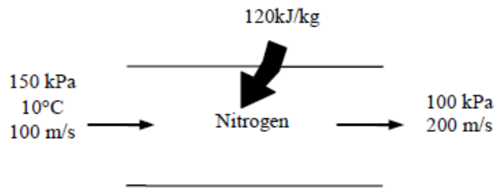
7. 150 kPa basınç ve 10 ºC sıcaklığındaki azot gazı 100 m/s hızla daimi şartlarda bir ısı değiştiricisine girmekte ve ısı değiştiriciden geçerken 120 kJ/kg ısı çekmektedir. Azot gazı daha sonra ısı değiştiricisini 100 kPa basınçta 200 m/s hızla terk etmektedir. Buna göre ısı değiştiricisinin giriş ve çıkışındaki Mach sayılarını hesaplayınız.

Varsayımlar: 1) N_2 ideal gazdır. **2)** Proses daimi akışlıdır. **3)** Potansiyel enerji değişimi ihmal edilebilir.

Özellikler: N_2'nin gaz sabiti R = 0.2968 kJ/kg·K. N_2'nin oda sıcaklığında sabit basınç spesifik ısısı ve spesifik ısı oranı: c_p = 1.040 kJ/kgK ve k = 1.4

$$c_1 = \sqrt{k_1 * R * T_1} = \sqrt{1.4 * (0.2968\ \mathrm{kJ/kg \cdot K}) * 283\ \mathrm{K} * \left(\frac{1000 m^2/s^2}{1 kJ/kg}\right)} = \mathbf{342.9\ m/s}$$

$$\mathrm{Ma}_1 = \frac{\mathrm{V}_1}{\mathrm{c}_1} = \frac{100\ \mathrm{m/s}}{342.9\ \mathrm{m/s}} = \mathbf{0.292}$$



Isı değiştiricisindeki enerji dengesi:

$$\mathrm{q}_{\mathrm{in}} = \mathrm{c}_\mathrm{p}(\mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1) + \frac{{\mathrm{V}_2}^2 - {\mathrm{V}_1}^2}{2}$$

$$120\ \mathrm{kJ/kg} = (1.040\ \mathrm{kJ/kg.ºC}) * (\mathrm{T}_2 - 10\ \mathrm{ºC}) + \frac{(200 m/s)^2 - (100 m/s)^2}{2} * \frac{1 kJ/kg}{1000 m^2/s^2}$$

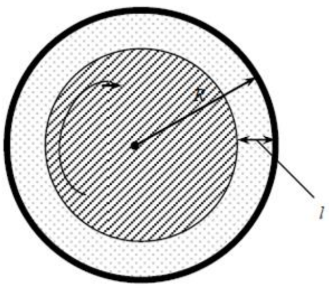
T_2= 111 ºC= 384 K

$$c_2 = \sqrt{k_2 * R * T_2} = \sqrt{1.4 * (0.2968\ \mathrm{kJ/kg \cdot K}) * 384\ \mathrm{K} * \left(\frac{1000 m^2/s^2}{1 kJ/kg}\right)} = \mathbf{399\ m/s}$$

$$\mathrm{Ma}_2 = \frac{\mathrm{V}_2}{\mathrm{c}_2} = \frac{200\ \mathrm{m/s}}{399\ \mathrm{m/s}} = \mathbf{0.501}$$

8. Bir sıvının viskozitesi 152.4 cm boyunda iç içe geçirilmiş eş merkezli iki silindirden oluşan bir viskozimetre ile ölçülecektir. İçteki silindirin dış çapı 15.24 cm ve iki silindir arasındaki boşluk 0.90 mm'dir. Dış silindir 250 devir/dakika hızla döndürüldüğünde ölçülen tork 1.627 N.m olduğuna göre ara boşluktaki sıvının viskozitesini belirleyiniz.

$$\mu = \frac{T * l}{4 * \pi^2 * R^3 * \dot{n} * L} = \frac{1.627\ Nm * 0.9 * 10^{-3} m}{4 * \pi^2 * (0.1524 * 0.5\ m)^3 * \left(\frac{250}{60} s^{-1}\right) * 1.524 m} = \boldsymbol{0.013\ Pa.s}$$

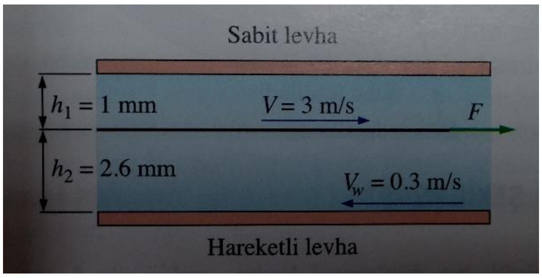


9. Bir düz levha üzerindeki akışta, akışkan hızının levha yüzeyinden olan y mesafesi ile değişimi $u(y)=ay-by^2$ bağıntısıyla verilmektedir. Burada a ve b sabittir. Levha üzerinde gelişen kayma gerilmesini a, b ve akışkanın dinamik viskozitesi μ cinsinden ifade ediniz.

Varsayımlar: 1) Akışkan Newton tipi akışkandır

$$\tau_w = \mu \frac{du}{dy}\bigg|_{y=0} = \mu \frac{d(ay - by^2)}{dy}\bigg|_{y=0} = \mu(a - 2by)|_{y=0} = \mathbf{a\mu}$$

10. 30x30 cm boyutlarında ince düzlemsel levha, araları 3.6 mm kalınlığında bir yağ tabakası ile dolu paralel iki levha arasında 3 m/s hızla yatay olarak çekilmektedir. Plakalardan biri sabit, diğeri ise şekilde gösterildiği gibi 0.3 m/s sabit hızla sola doğru hareket etmektedir. Aradaki yağın dinamik viskozitesi 0.027 Pa.s olduğuna göre; (a) her bir tabakadaki hız profilini çizerek yağ hızının sıfır olduğu konumu bulunuz. (b) Bu hareketi sürdürebilmek için uygulanması gerekli olan F kuvvetini belirleyiniz.



Kabuller:

1. Plakanın kalınlığı ihmal ediliyor.

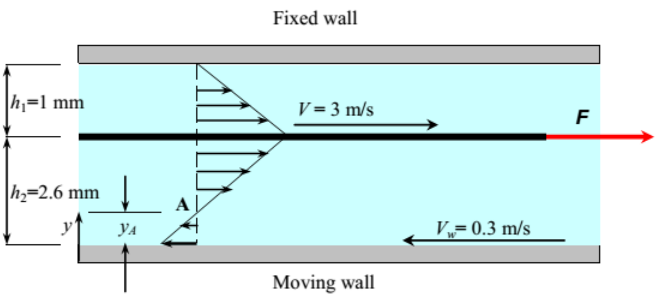
2. Hız profili akışkanın her yerinde lineer kabul ediliyor.

Özellikler:

Yağın dinamik (mutlak) viskozitesi μ =0.027 Pa.s= 0.027 N.s/m^2

Çözüm:

a) Yağ tabakalarının sabit olan duvara göre hız profilleri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Hızın sıfır olduğu nokta A noktası ile gösterilmiştir ve bu noktanın yeri alttaki yağ tabakasındaki iki üçgenin benzerliği göz önünde bulundurularak belirlenebilir.



$$\frac{2.6-y_A}{y_A} = \frac{3}{0.3} \rightarrow y_A = \mathbf{0.23636\ mm}$$

b) Levhanın üst ve alt yüzeylerine uygulanan kayma kuvvetleri şu şekilde hesaplanabilir;

$$F_{shear} = \tau A = \mu A \frac{du}{dy}$$

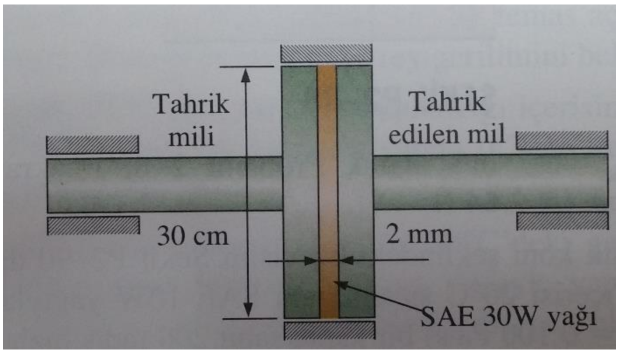
$$F_{shear,upper} = \tau_{w,upper} A_s = \mu A_s \left|\frac{du}{dy}\right| = \left(0.027 \frac{N.s}{m^2}\right)(0.3x0.3m^2)\frac{(3-0)\frac{m}{s}}{0.001m} = 7.29\ N$$

$$F_{shear,lower} = \tau_{w,lower} A_s = \mu A_s \left|\frac{du}{dy}\right| = \left(0.027 \frac{N.s}{m^2}\right)(0.3x0.3m^2)\frac{(3-(-0.3))\frac{m}{s}}{0.0026m} = 3.08\ N$$

Üst ve alt kayma kuvvetlerinin levhanın hareketine zıt yönde olduğu görülmektedir. Levhanın hareketine devam edebilmesi için uygulanması gereken F kuvveti şekilde gösterildiği gibidir ve büyüklüğü:

$$F = F_{shear,upper} + F_{shear,lower} = 7.29 + 3.08 = 10.4\ N$$

11. Şekilde gösterilen kavrama sistemi, 30cm çapında iki özdeş disk arasındaki 2mm kalınlığında ve viskozitesi μ=0.38 N.s/m^2 olan yağ üzerinden tork iletmek için kullanılmaktadır. Tahrik mili 1450 devir/dk hızla dönerken, tahrik edilen mil 1398 devir/dakika hızla dönmektedir. Aradaki yağ filmi içerisindeki hız dağılımını lineer kabul ederek iletilen torku belirleyiniz.



Kabuller:

1. Yağ tabakasının kalınlığı üniformdur.

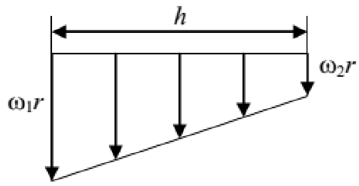
2. Disklerin açısal hızı sabit kalmaktadır.

Özellikler:

Yağın dinamik (mutlak) viskozitesi μ = 0.38N.s/m^2

Çözüm:

Diskler aynı doğrultuda ve ω_1 ve ω_2 farklı açısal hızlarıyla dönmektedir. Disklerden birini sabit olduğunu ve diğerinin de $\omega_1 - \omega_2$ hızıyla döndüğünü kabul edebiliriz.



Film tabakasının her yerinde hız gradyeni V/h

h: Yağ film tabakasının kalınlığı

V: Teğetsel hız= $(\omega_1 - \omega_2)$r

Kayma gerilmesi: $\tau_w = \mu \frac{du}{dr} = \mu \frac{V}{h} = \mu \frac{(\omega_1-\omega_2)r}{h}$

Sonsuz küçük (diferansiyel) dA alanına etki eden kayma kuvveti tork T şu şekilde hesaplanabilir:

$$dF = \tau_w dA = \mu \frac{(\omega_1-\omega_2)r}{h}(2\pi r)dr$$

$$dT = rdF = \mu \frac{(\omega_1-\omega_2)r^2}{h}(2\pi r)dr = \frac{2\pi\mu(\omega_1-\omega_2)}{h} r^3 dr$$

İntegre edilirse $T = \frac{2\pi\mu(\omega_1-\omega_2)}{h}\int_{r=0}^{D/2} r^3 dr = \frac{2\pi\mu(\omega_1-\omega_2)}{h}\frac{r^4}{4}\Big|_{r=0}^{D/2} = \frac{\pi\mu(\omega_1-\omega_2)D^4}{32h}$

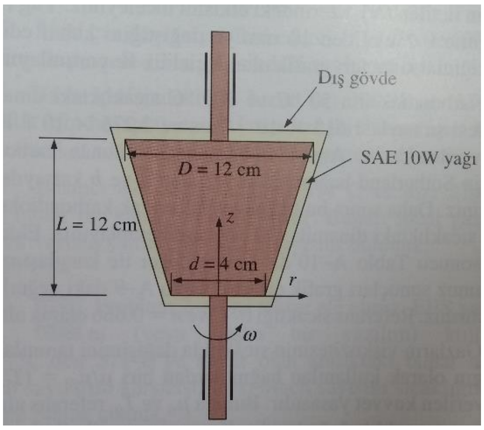
$$\omega = 2\pi\dot{n}$$

$$(\omega_1 - \omega_2) = 2\pi(\dot{n}_1 - \dot{n}_2) = \left(2\pi \frac{rad}{rev}\right)[(1450 - 1398)rev/min]\left(\frac{1min}{60s}\right) = 5.445\,rad/s$$

$$T = \frac{\pi(0.38\frac{N.s}{m^2})(\frac{5.445}{s})(0.30m)^4}{32(0.002m)} = 0.82\,N.m$$

12. Kesik koni şeklindeki bir cisim, şekilde görüldüğü gibi içerisi 20˚C sıcaklıktaki SAE 10W yağıyla doldurulmuş (μ=0.1 Pa.s) bir kapta sabit 200 rad/s hızla döndürülmektedir. Cismin içerisinde döndüğü yağ filminin kalınlığı 1.2mm olduğuna göre, bu hareketi sağlamak için gerekli gücü hesaplayınız. Ayrıca yağ sıcaklığının 80˚C'ye çıkması halinde (μ=0.0078 Pa.s) bu güçte yüzde kaç azalma olacağını belirleyiniz. Yağ tabakasının kalınlığının sabit kaldığını kabul ediniz.

Çözüm:



Yağ tabakasının *h* kalınlığındaki her yerinde hız gradyanı *V/h* olup *V=ωR* teğetsel hızdır. Bu durumda koni şeklindeki cismin dönme ekseninden r mesafesinde oluşan kayma gerilmesi:

$$\tau_w = \mu\frac{du}{dr} = \mu\frac{V}{h} = \mu\frac{\omega r}{h}$$

$$dF = \tau_w dA = \mu\frac{\omega r}{h}dA$$

$$dT = rdF = \mu\frac{\omega r^2}{h}dA$$

$$T = \frac{\mu\omega}{h}\int_A r^2 dA$$

$$\dot{W}_{sh} = \omega T = \frac{\mu\omega^2}{h}\int_A r^2 dA$$

Alt ve üst yüzeyler: $dA = 2\pi r dr$

$$\dot{W}_{sh,top} = \frac{\mu\omega^2}{h}\int_{r=0}^{D/2} r^2(2\pi r)dr = \frac{2\pi\mu\omega^2}{h}\int_{r=0}^{D/2} r^3 dr = \frac{2\pi\mu\omega^2}{h}\frac{r^4}{4}\bigg|_{r=0}^{D/2} = \frac{\pi\mu\omega^2 D^4}{32h}$$

$$\dot{W}_{sh,bottom} = \frac{\mu\omega^2}{h}\int_{r=0}^{d/2} r^2(2\pi r)dr = \frac{2\pi\mu\omega^2}{h}\int_{r=0}^{d/2} r^3 dr = \frac{2\pi\mu\omega^2}{h}\frac{r^4}{4}\bigg|_{r=0}^{d/2} = \frac{\pi\mu\omega^2 d^4}{32h}$$

Yanal yüzey: $dA = 2\pi r dz$ $\quad r = \frac{d}{2} + \frac{D-d}{2L}z$ $\qquad dr = \frac{D-d}{2L}dz$ *ya da* $dz = \frac{2L}{D-d}dr$

Bu durumda $dA = 2\pi r dz = \frac{4\pi L}{D-d}rdr$

$$\dot{W}_{sh,side} = \frac{4\pi\mu\omega^2 L}{h(D-d)}\frac{r^4}{4}\bigg|_{r=d/2}^{D/2} = \frac{\pi\mu\omega^2 L(D^4-d^4)}{16h(D-d)}$$

$$\dot{W}_{sh,total} = \dot{W}_{sh,top} + \dot{W}_{sh,bottom} + \dot{W}_{sh,side} = \frac{\pi\mu\omega^2 D^4}{32h}\left[1 + (\frac{d}{D})^4 + \frac{2L[1-(d/D)^4]}{D-d}\right]$$

d/D=4/12=1/3

$$\dot{W}_{sh,total} = \frac{\pi(0.1\frac{N.s}{m^2})(200/s)^2(0.12\,m)^4}{32(0.0012m)}\left[1 + (1/3)^4 + \frac{2(0.12m)[1-(1/3)^4]}{(0.12-0.04)m}\right]\left(\frac{1W}{1\,Nm/s}\right) = 270W$$

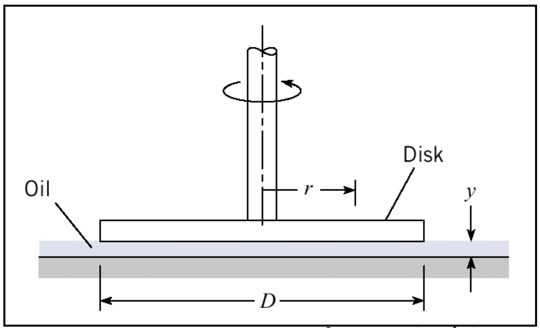
Gerekli güç yağın viskozitesiyle orantılıdır. Bu durumda 80 ˚C'deki durumda gerekli güç;

$$\dot{W}_{sh,total,80℃} = \frac{\mu_{80℃}}{\mu_{20℃}}\dot{W}_{sh,total,20℃} = \frac{0.0078\,\frac{N.s}{m^2}}{0.1\,\frac{N.s}{m^2}}(270W) = 21.1\ W$$

80 ˚C'de gereken güçten elde edilen tasarruf=270-21.1=248.9 W=249 W → %92 kazanç

13. Aşağıdaki şekilde dönen bir şafta bağlı disk görülmektedir. Disk bir yüzey üzerinde aralarında viskoz bir yağ tabakası olmak üzere yüzeye çok yakın olarak dönmektedir. Yağın viskozitesi μ = 0.01 N.s/m^2 ve diskle yüzey arasındaki boşluk y = 2 mm olarak verilmiştir. Boşluktaki hız dağılımının lineer olduğu; kenar etkilerinin ihmal edilebildiği varsayımları altında;

a. Diskin dönüş hızı 3 rad/s ise r = 3 cm yarıçaptaki kesme gerilmesini bulunuz.
b. Diskin dönüş hızı 5 rad/s ve çapı D = 10 cm ise diski döndürmek için gerekli tork miktarını bulunuz. (d(Tork)=r.τ.dA)



Lineer hız dağılımı şartları altında $dV/dy = V/y = \omega r/y$ 'dir.
Silindirdeki kesme gerilme bağıntısı $\tau = \mu\, dV/dy = \mu \omega r/y$ 'dir.
Buna göre $V = \omega r = 3 \times 0.03 = \underline{0.09}$ m/s

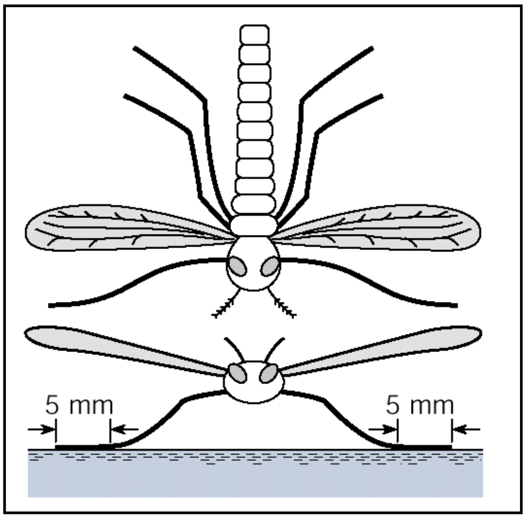
a) $\tau = \mu\, dV/dy = 0.01 \times 0.09/0.002 = 0.45\ N/m^2\ (Pa)$

b) $\tau = \mu\, dV/dy = \mu \omega r/y = 0.01 \times 5 \times r/0.002 = 25r\ N/m^2$

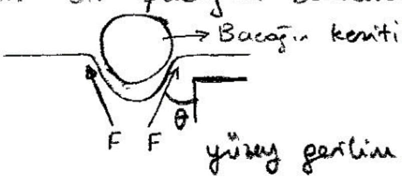
$d(Tork) = r.\tau.dA = r.(25r).2\pi r\,dr = 50\pi r^3\,dr$

$Tork = \int_0^{0.05} 50\pi r^3\,dr = 50\pi \frac{r^4}{4}\Big|_0^{0.05} = 2.45\times10^{-4}\ \underline{N.m}$

14. 6 Bacaklı bir böcek bacaklarını ıslatmaksızın tamamen yüzey gerilim etkisi ile su üzerinde durmaktadır. Her bir bacağın su ile temas boyu 5 mm ‘dir. Böceğin suda batmaması için kütlesi kaç g olmalıdır. (σ = 0.073 N/m)



Denge denkleminden $\Sigma F_z = 0$ (Toplam düşey kuvvet)
Böceği destekleyen yüzey gerilim kuvveti − böceğin ağırlığı = 0
olmalıdır. Bir bacağın durumu



yüzey gerilim kuvveti

θ açısının küçük olduğu varsayımı altında $\cos\theta = 1$

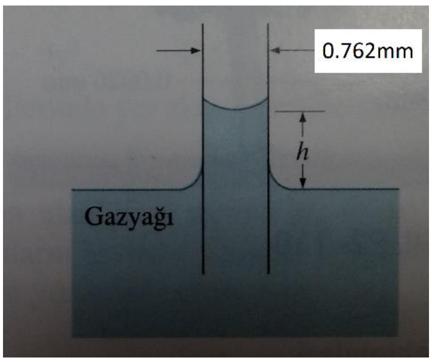
yüzey gerilim kuvveti $F_T = \frac{2}{\text{bacak}} \times 6 \times \sigma \times \ell' = 12 \times \sigma \times \ell$

$$F_T = 12 \times 0.073 \text{ N/m} \times 0.005 \text{ m}$$

$$F_T = 0.00438 \text{ N}$$

Böylece $F_T = mg \Rightarrow m = 0.00438/9.81 = \underline{\underline{0.446}}$ g

15. 0.762 mm çapında cam tüp 20˚C’deki gazyağı içerisine daldırılmıştır. Gazyağının bir cam yüzeyle olan temas açısı 26˚ olduğuna göre gaz yağının tüpteki yükselme miktarını bulunuz.



Kabuller:

1. Gazyağında hiçbir kirlilik ve camın yüzeyinde hiçbir bulaşık yoktur.

2. Gazyağı atmosfere açıktır.

Çözüm:

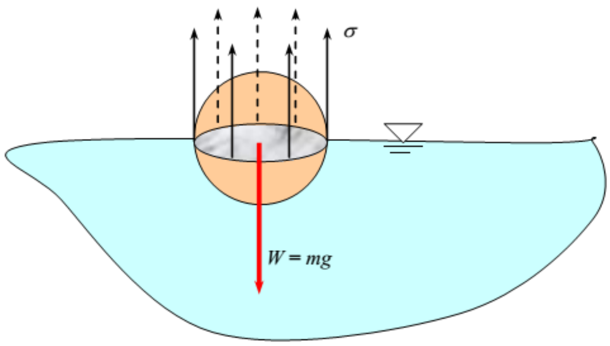
Dairesel bir borudaki kılcal yükselme, kuvvet dengesinden;

$h = \frac{2\sigma_s cos\phi}{\rho g R}$

20˚C gazyağı için yüzey gerilimi 0.028 N/m, yoğunluğu ise 700 kg/m^3 olarak verilmiştir. Böylece *h* yüksekliği:

$h = \frac{2x0.028x\cos(26)}{700x9.81x0.762x10^{-3}x0.5} = 0.0192\ m$

16. Beklenenin aksine çelik bir bilye yüzey gerilimi sayesinde su üzerinde yüzebilir. 20˚C'deki su üzerinde yüzebilecek bir çelik bilyenin maksimum çapı ne olmalıdır? Cevabınız alüminyum bilye için ne olurdu? Çelik ve alüminyumun yoğunluklarını sırasıyla 7800 kg/m^3 ve 2700 kg/m^3 olarak alınız.



Kabuller:

1. Su saf ve sıcaklığı sabittir.

2. Bilye suya yavaşça bırakılacaktır böylece atalet etkileri ihmal edilebilir.

3. Temas açısı maksimum çap için 0˚ alınmıştır.

Özellikler:

20˚C'deki suyun yüzey gerilimi $\sigma_s = 0.073\ N/m$

ρ_{steel}: 7800kg/m^3 ρ_{Al}=2700 kg/m^3

Çözüm:

Yüzey gerilim kuvveti ve bilyenin ağırlığı: $F_s = \pi D \sigma_s$ $W = mg = \rho g V = \rho g \pi D^3/6$

Topun su yüzeyinde yüzebilmesi için dikey yönde etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır.

$F_s = W$ $D = \sqrt{\frac{6\sigma_s}{\rho g}}$

$$D_{steel} = \sqrt{\frac{6\sigma_s}{\rho g}} = \sqrt{\frac{6.(0.073\frac{N}{m})}{(7800\frac{kg}{m^3})(9.81\frac{m}{s^2})}\left(\frac{1\ kg.m/s^2}{1N}\right)} = 2.4x10^{-3}\ m = 2.4\ mm$$

$$D_{Al} = \sqrt{\frac{6\sigma_s}{\rho g}} = \sqrt{\frac{6.(0.073\frac{N}{m})}{(2700\frac{kg}{m^3})(9.81\frac{m}{s^2})}\left(\frac{1\ kg.m/s^2}{1N}\right)} = 4.1x10^{-3}\ m = 4.1\ mm$$