

Przykłady zadań: przenoszenie pędu



dr inż. Piotr Niemiec

Katedra Chemii

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy

Akademia Tarnowska

kontakt: p_niemiec@atar.edu.pl

<http://piotrn Niemiec.atar.edu.pl>

Obliczyć współczynnik lepkości kinematycznej w temperaturze 40°C i pod ciśnieniem 840 mm Hg mieszaniny gazów składającej się z (procent objętościowy) 33,1% CO₂, 1,1% CO, 53% H₂, 0,8% CH₄ oraz 12% N₂. Stale Sutherlanda S i współczynniki lepkości dynamicznej w warunkach normalnych η_0 oraz $(M_i T_{kr,i})^{1/2}$ podaje poniższa tabela (i =1, 2, 3, 4, 5).

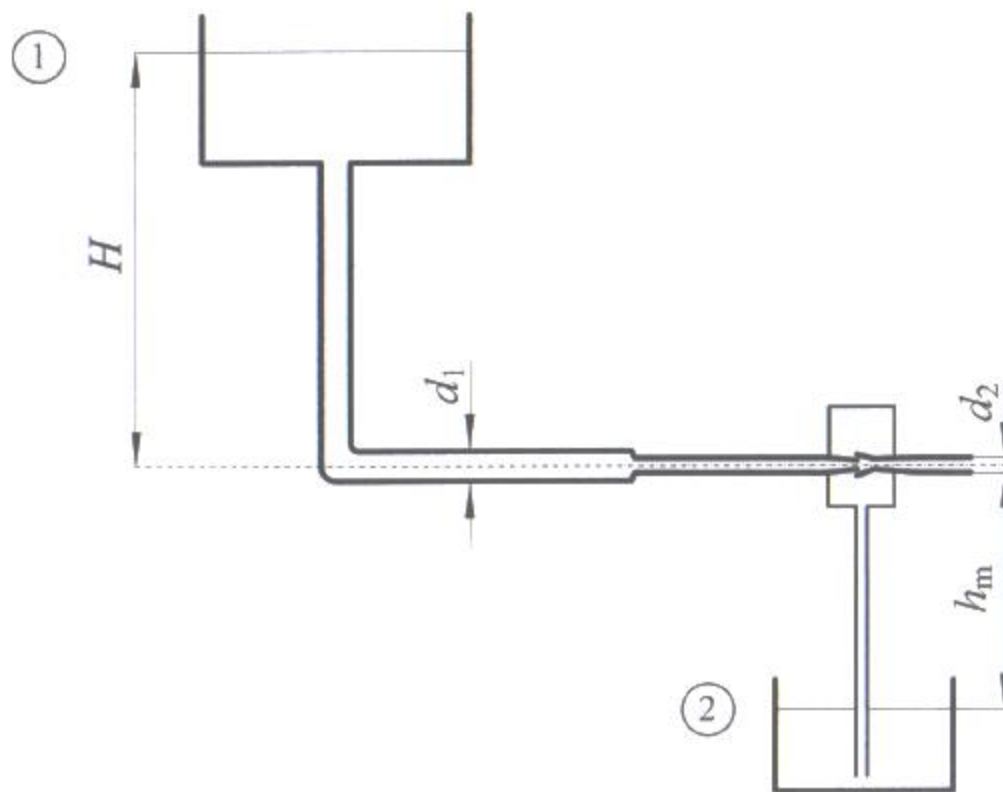
Nr	Rodzaj gazu	$\eta_{0i} \cdot 10^6$ [Pa·s]	S_i , [K]	$(M_i T_{kr,i})^{1/2}$ (kg·K·kmol ⁻¹) ^{1/2}
1	CO ₂	13,5	274	115,5
2	CO	17	118	61,4
3	H ₂	8,6	83	81,3
4	CH ₄	10,0	198	55,2
5	N ₂	16,5	118	59,5

Obliczyć współczynnik lepkości kinematycznej w temp. 50°C mieszaniny ciekłej złożonej z 15% mas. acetonu, 25% mas. alkoholu etylowego, 40% mas. Benzenu i 20% mas. toluenu. Współczynniki lepkości dynamicznej i gęstości składników mieszaniny zawiera poniższa tabela.

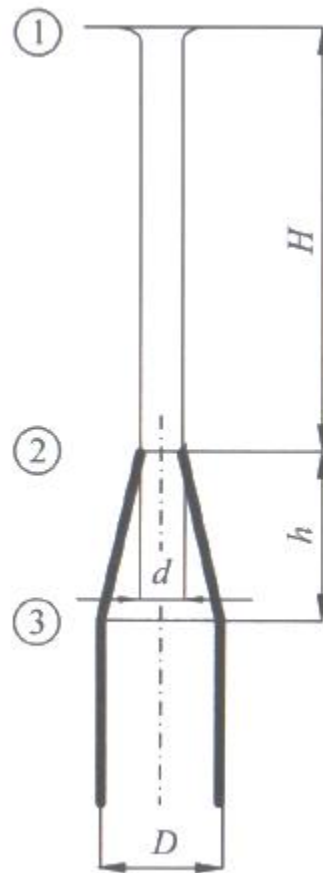
Nr	Rodzaj cieczy	$\eta_{0i} \cdot 10^4 \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$	$\rho_i, \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]}$
1	Aceton	2,51	810
2	Etanol	7,01	763
3	Benzen	4,40	847
4	Toluen	4,20	837

Do mieszalnika dopływa woda w ilości $F_{w1} = 150$ kg/h i jednocześnie dodaje się wapna palonego w ilości $F_{w2} = 50$ kg/h. Powstający roztwór Ca(OH)_2 opuszcza mieszalnik w ilości $F_{w3} = 80$ kg/h. Zakłada się, że stężenie wypływającego roztworu jest takie samo jak w mieszalniku. Początkowo w zbiorniku było $m_0 = 300$ kg czystej wody. Po jakim czasie t zakumulowana w mieszalniku masa wyniesie $m = 1200$ kg?

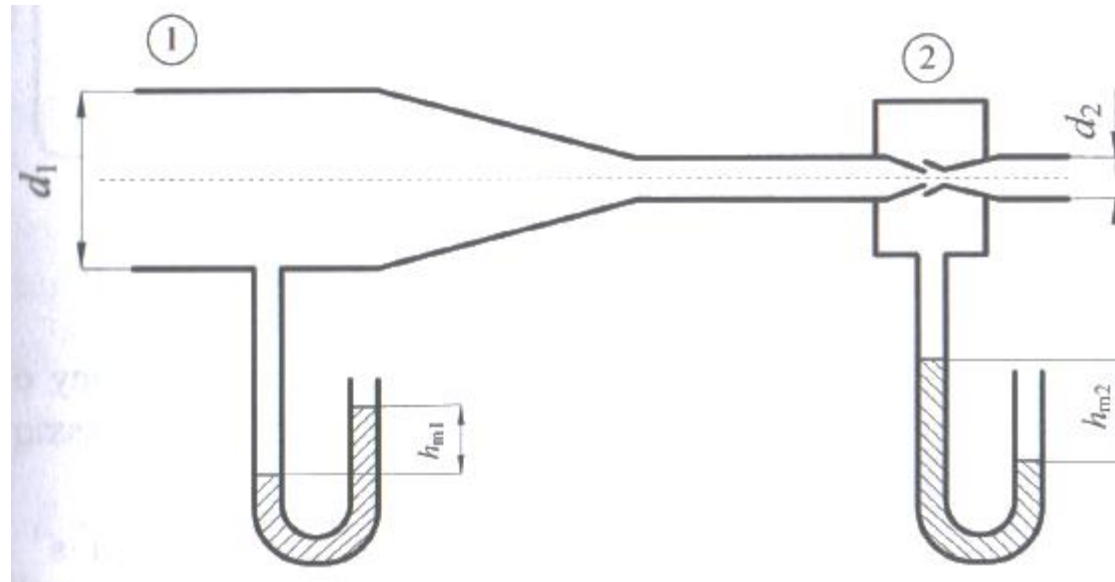
Woda o temperaturze 20°C ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$) jest wypompowywana ze zbiornika dolnego za pomocą inżektora. Jaka powinna być wysokość wody H w zbiorniku górnym, aby nastąpiło zassanie wody ze zbiornika dolnego? Średnica przewodu dopływowego wynosi $d_1 = 150 \text{ mm}$, występująca w nim prędkość przepływu $u_1 = 3,5 \text{ m/s}$, zaś średnica przewężenia $d_2 = 70 \text{ mm}$. Inżektor zamontowany jest na wysokości $h_m = 7,5 \text{ m}$ nad powierzchnią wypompowywanej cieczy.



Obliczyć maksymalną wysokość unoszenia wody w fontannie oraz ciśnienie u podstawy stożkowej dyszy fontanny o średnicy 12 mm. Objętościowe natężenie przepływu wody $F_v = 4,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Średnica $D = 0,05 \text{ m}$, wysokość stożkowej części dyszy $h = 0,8 \text{ m}$, a ciśnienie atmosferyczne $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$.



Poziomy rurociąg o średnicy wewnętrznej $d_1 = 300$ mm zwęża się łagodnie do średnicy $d_2 = 50$ mm. Przez rurociąg przepływa dwutlenek siarki o temperaturze 40°C . Otwarte do atmosfery manometry wodne w kształcie litery U zamontowane na szerszej i węższej części rurociągu wskazują odpowiednio nadciśnienie $h_{m1} = 45$ mm H_2O i podciśnienie $h_{m2} = 60$ mm H_2O . Jakie jest objętościowe i masowe natężenie przepływającego dwutlenku siarki?



Przez nieznacznie skorodowany przewód stalowy o długości $L = 160$ m i średnicy $d = 0,025$ m przepływa $F_w = 4000$ kg/h chlorobenzenu o temperaturze 20°C . Jaki będzie spadek ciśnienia wywołany tarciem wewnętrznym? Chropowatość przewodu wynosi $e = 0,2\text{mm}$, zaś gęstość w podanej temperaturze są równe odpowiednio $\rho = 1130$ kg/m³ i $\eta = 7 \cdot 10^{-4}$ Pa·s.

Rurociągiem stalowym o średnicy $d = 22 \text{ mm}$ i długości $L = 23 \text{ m}$ przepływa woda ciepła o temperaturze 60°C ($\rho = 983 \text{ kg/m}^3$, $\eta = 4,688 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$) w ilości $F_v = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ i jest ona tłoczona na wysokość $H = 20 \text{ m}$. Ze względu na stan powierzchni zaszła konieczność wymiany istniejących rurek na rurki aluminiowe o tej samej średnicy. O ile procent zmaleją opory przepływu po wymianie rurek? Chropowatość rur stalowych wynosi $e = 0,7 \text{ mm}$ natomiast rur aluminiowych $e = 0,015 \text{ mm}$.

Jak zmieni się strata ciśnienia na tarcie, jeżeli przy stałym objętościowym natężeniu przepływu średnica wewnętrzna prostego rurociągu zmniejszy się z $d_1 = 50$ mm do $d_2 = 20$ mm w zakresie przepływu:

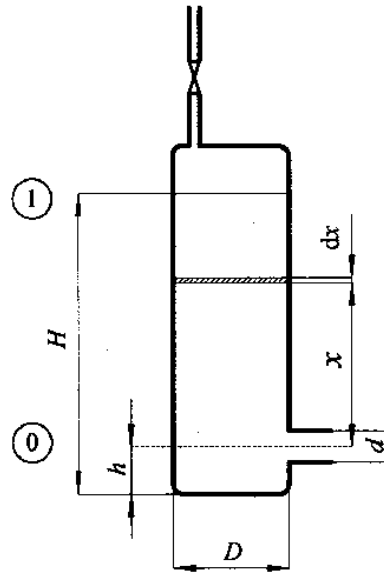
- Laminarnego
- Burzliwego uwzględniając:
 - Hydrauliczną gładkość przewodu
 - Brak hydraulicznej gładkości przewodu

Obliczyć długość rurociągu stalowego o średnic $d = 38 \text{ mm}$, przez który przepływa czterochlorek węgla o gęstości 1560 kg/m^3 i współczynniku lepkości dynamicznej $\eta = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ w ilości $F_v = 15 \text{ m}^3/\text{h}$. Różnica ciśnień na wlocie i wylocie wynosi $\Delta P_{\text{str}} = 200 \text{ kPa}$. Na rurociągu zamontowane są: zawór grzybkowy otwarty ($L_z = 325 \text{ d}$), dwa kolana 45° ($L_z = 15 \text{ d}$). Chropowatość rurociągu $e = 0,2 \text{ mm}$

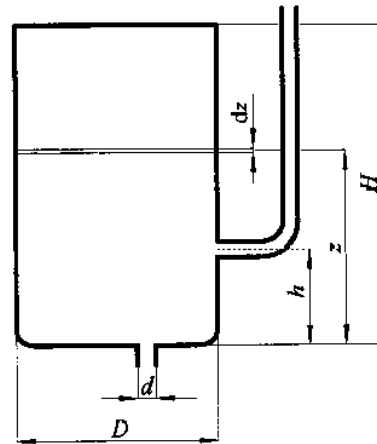
Obliczyć straty ciśnienia spowodowane tarciem wewnętrznym podczas przepływu solanki o temperaturze -5°C przez wężownicę stalową o średnicy $57 \times 3,5$ mm w ilości $F_v = 6 \text{ m}^3/\text{h}$. Średnica zwoju wężownicy wynosi $D = 1,2$ m, a liczba zwojów $n = 15$. Chropowatość stali, z której wykonana jest wężownica wynosi $e = 0,25$ mm. Gęstość i lepkość solanki w podanej temperaturze wynoszą odpowiednio 1060 kg/m^3 i $23,05 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

W bocznej ścianie otwartego cylindrycznego zbiornika kiego o średnicy $D = 0,7$ m wykonany jest otwór o średnicy $d = 0,025$ m. Otwór ten znajduje się na stałej wysokości $h = 2$ m nad dnem. Zbiornik wypełniony jest do wysokości $H = 6,5$ m. Obliczyć prędkość swobodnego wypływu oraz czas całkowitego opróżniania zbiornika, jeżeli ciśnienie na powierzchni wynosi:

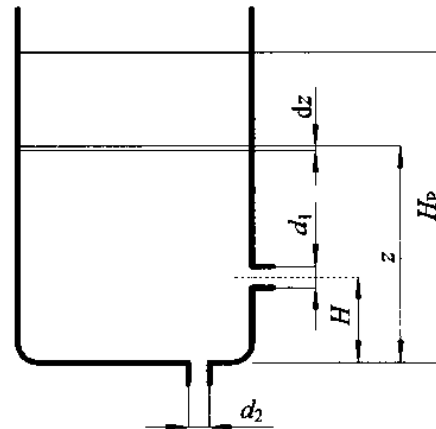
- $p = p_0$
- $p = 0,85p_0$
- $p = 1,85p_0$



Oblicz czas opróżniania cylindrycznego zbiornika zamkniętego o średnicy $D = 1,1$ m i wysokości $H = 4,5$ m przez otwór o średnicy $d = 0,03$, jeżeli w bocznej ścianie zbiornika odległość $h = H/3$ od dna umieszczono rurkę otwartą do atmosfery. Współczynnik wypływu $\varphi = 0,62$.



Pionowy zbiornik o średnicy $D = 1,2$ m, otwarty do atmosfery, napełniony wodą do wysokości $H_p = 4,5$ m opróżniany jest przez otwory o średnicach $d_1 = 0,1$ m i $d_2 = 0,15$ m, z których pierwszy umieszczony jest w ścianie bocznej na wysokości $H = 1$ m nad dnem, a drugi w dnie. Po jakim czasie poziom cieczy obniży się do wysokości drugiego otworu, a po jakim czasie nastąpi jego całkowite opróżnienie? Współczynniki wypływu otworów pierwszego i drugiego wynoszą odpowiednio ($\varphi_1 = 0,58$ i $\varphi_2 = 0,62$).



W dnie otwartego cylindrycznego zbiornika o średnicy $D = 2,8$ m powstało szczelinowe pęknięcie, które kształtem zbliżone jest do prostokąta o wymiarach 3×400 mm. W momencie powstania szczeliny zbiornik był napełniony kondensatem o temperaturze 50°C do wysokości $H_1 = 3$ m. Po upływie 20 minut włączono pompę, która przez 30 minut dostarczała do zbiornika tę samą ciecz z masowym natężeniem przepływu wynoszącym $F_w = 25$ t/h. Po tym czasie wyciek trwał jeszcze przez 45 minut. Ile kondensatu wypłynęło przez szczelinę? Gęstość kondensatu w podanej temperaturze wynosi 988 kg/m³, a współczynnik jego wypływu ze zbiornika wynosi $0,65$.

Obliczyć, po jakim czasie cała zawartość górnego zbiornika prostopadłościennego o wymiarach $a = 0,6$ m, $b = 0,8$ m, $H = 1$ m w ilości $V = 200$ dm³ przepłynie do dolnego zbiornika cylindrycznego o średnicy $D = 0,3$ m przez rurę wypływową o średnicy $d = 0,03$ m i długości $L = 7,5$ m. W chwili otwarcia zaworu poziom wody w dolnym zbiorniku sięga $l = 0,2$ m ponad koniec rury wypływowej. Współczynnik wypływu $\varphi = 0,62$. Objętość rury pominąć

