



ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ & ΜΑΖΑΣ

Βαθμός

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Κωνσταντίνος
Χρυσικόπουλος
Φροντιστηριακές Ασκήσεις: Αφροδίτη Παπαδοπούλου

1^η ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Προθεσμία υποβολής : 14:00, Τρίτη 10 Νοεμβρίου 2020

Ονοματεπώνυμο:	Θεωχώρα Κυριακίδη
Αριθμός μητρώου:	2018050043

Απαντήστε τις ερωτήσεις **χειρόγραφα** στο χώρο που σας δίδεται ή στην πίσω πλευρά της κάθε σελίδας. Προσοχή στις (σωστές) μονάδες. Όλες οι ερωτήσεις είναι ισοδύναμες, με 20 μονάδες για τη σωστή απάντηση, ενώ μη πλήρεις απαντήσεις θα παίρνουν ανάλογα λιγότερες μονάδες. Παρακαλώ να ανεβάσετε τις απαντήσεις σας στο E-class, σκαναρισμένες ως ένα έγγραφο μορφής pdf μέχρι την ώρα που λήγει η προθεσμία υποβολής. Εκπρόθεσμες υποβολές δεν μπορούν να γίνουν δεκτές. Η παράμετρος «A1» στις ασκήσεις αντιστοιχεί στο άθροισμα που δίνουν τα δύο τελευταία ψηφία του αριθμού μητρώου σας, όπως καταγράφεται στην πρώτη σελίδα, και πρέπει να αντικατασταθεί από αυτό. Π.χ. αν AM=2014050009 τότε A1=9, αν AM=20140500155 τότε A1=10 και αν AM=20140500098 τότε A1=17. Ασκήσεις λυμένες με A1 που δεν αντιστοιχεί στον AM σας, δεν θα βαθμολογούνται!

A1=	7
-----	---

Μην ξεχάσετε να γράψετε το όνομα, το επώνυμο, τον αριθμό μητρώου σας. Αναφέρετε σαφώς όλες τις παραδοχές σας. Προσοχή στις σωστές μονάδες!

Αέριο μίγμα (Ρεύμα 1) με παροχή 10 kmol/s περιέχει $[60+A1]\%$ κατ' όγκο οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα σε πίεση 2 bar και θερμοκρασία $[30+2\cdot A1]^{\circ}\text{C}$. Το ρεύμα 1 αναμιγνύεται με ρεύμα αέρα (79% κατ' όγκο άζωτο και 21% οξυγόνο), ρεύμα 2, σε αναλογία παροχών ρεύματος 1 προς ρεύμα 2 ίση με $[4,000+0,100\cdot A1]:1$. Οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας παραμένουν σταθερές. Να υπολογιστούν στο ρεύμα ανάμιξης (ρεύμα 3):

- (α) Η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα
- (β) Το κλάσμα μάζας του διοξειδίου του άνθρακα
- (γ) Η ολική γραμμομοριακή συγκέντρωση
- (δ) Η πυκνότητα του μίγματος
- (ε) Η γραμμομοριακή σύσταση του μίγματος

Δίνονται τα Ατομικά βάρη: O: 16, C: 12, N: 14. Η σταθερά των αερίων $R=8,314 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

■ Θερμοκρασία	$[30+2\cdot A1]^{\circ}\text{C} = 44^{\circ}\text{C}$
■ Ποσοστό Οξυγόνου	$[60+A1]\% = 74\%$
■ Αναλογία παροχών ρευμάτων	$[4+0,1\cdot A1]:1 = 4,7:1$

α) Ρεύμα 1 $y_{O_2} = 0,74, y_{CO_2} = 0,26$
 Ρεύμα 2 $y_{N_2} = 0,79, y_{O_2} = 0,21$

$\dot{n}_{CO_2} = y_{CO_2} \dot{n}_{tot1} = 0,26 \cdot 10 \text{ kmol/s} = 2,6 \text{ kmol/s}$ $\dot{n}_{CO_2} = y_{CO_2} \dot{n}_{tot1} = 0,26 \cdot 10 \text{ kmol/s} = 2,6 \text{ kmol/s}$

$\dot{n}_{N_2} = y_{N_2} \dot{n}_{tot2} = 0,79 \cdot 2 \text{ kmol/s} = 1,58 \text{ kmol/s}$ $\dot{n}_{O_2} = y_{O_2} \dot{n}_{tot2} = 0,21 \cdot 2 = 0,42 \text{ kmol/s}$

$\dot{n}_{tot3} = \dot{n}_{tot1} + \dot{n}_{tot2} = 10 + 2 = 12 \text{ kmol/s}$ και $\dot{n}_{CO_2} = 2,6 \text{ kmol/s}$

$y_{CO_2} = \frac{\dot{n}_{CO_2}}{\dot{n}_{tot3}} = \frac{2,6}{12} = 0,2167$ $P_{CO_2} = y_{CO_2} P_{tot} = 0,2167 \cdot 200 \text{ kPa} = 43,33 \text{ kPa}$

$\rho = \frac{P}{RT} = \frac{m}{V} \Rightarrow P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T = \frac{m}{V} \cdot \frac{R}{M} \cdot T \Rightarrow \rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$

$\Rightarrow \rho_{CO_2} = \frac{P_{CO_2} \cdot M_{CO_2}}{R \cdot T} = \frac{43,33 \text{ kPa} \cdot (12+2 \cdot 16) \text{ kg/kmol}}{8,314 \text{ kJ/kmol} \cdot (12+4 \cdot 16) \text{ K}} = 0,092 = 9,2\%$

β) $C_{tot} = \frac{\dot{n}_{tot}}{V} = \frac{P_{tot}}{RT} = \frac{200 \text{ kPa}}{8,314 \text{ kJ/kmol} \cdot 314 \text{ K}} = 0,0759 \text{ kmol/m}^3$

γ) $\rho_{tot} = \sum \rho_i = \sum \frac{P_i \cdot M_i}{R \cdot T}$

$P_{CO_2} = 43,33 \text{ kPa}, M_{CO_2} = 44 \text{ g/mol}$

$P_{O_2} = 43,02 \text{ kPa}, M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$

$y_{N_2} = \frac{P_{N_2}}{P_{tot}} = \frac{150 \text{ kPa}}{200 \text{ kPa}} = 0,75$

$P_{N_2} = 0,65 \cdot 200 \text{ kPa} = 130 \text{ kPa}$

$P_{N_2} = y_{N_2} P_{tot} = \frac{1,58 \cdot 200 \text{ kPa}}{12} = 26,33 \text{ kPa}$

$M_{N_2} = 28 \text{ g/mol}$

$P_{tot} = 44 \text{ kPa} \cdot 43,33 + 32 \text{ kPa} \cdot 130 \text{ kPa}$
 $8,314 \text{ kJ/kmol} \cdot (44+273) \text{ K}$

$= 2,30 \text{ kg/m}^3$

δ) Για τυχαίο χρόνο $t = 2 \text{ min}$

$\dot{n}_{CO_2} = 2,6 \text{ kmol/s} = 312 \text{ kmol}$

$\dot{n}_{N_2} = 1,58 \text{ kmol/s} = 189,6 \text{ kmol}$

$\dot{n}_{O_2} = 0,42 \text{ kmol/s} = 50,4 \text{ kmol}$

$\dot{n}_{CO_2} = 2,6 \text{ kmol/s} = 312 \text{ kmol}$
 $\dot{n}_{N_2} = 1,58 \text{ kmol/s} = 189,6 \text{ kmol}$

Σε ένα μίγμα $[40+2 \cdot A1]\%$ κατ' όγκο υδρογόνου και $[60-2 \cdot A1]\%$ κατ' όγκο αζώτου, θερμοκρασίας 200°C και πίεσης $[2,00+0,10 \cdot A1]$ bar, το υδρογόνο κινείται με ταχύτητα $[4,00+0,10 \cdot A1]$ m/s. Το άζωτο είναι στάσιμο. Να υπολογιστούν:

- Η μέση μαζική ταχύτητα του μίγματος
- Η μέση γραμμομοριακή ταχύτητα του μίγματος
- Ο μαζικός ρυθμός μεταφοράς του υδρογόνου μέσω επιφάνειας η οποία είναι στάσιμη
- Ο γραμμομοριακός ρυθμός μεταφοράς του υδρογόνου μέσω επιφάνειας η οποία είναι στάσιμη.

Να συμπληρωθεί για το $A1=7$ σας:

■ Ποσοστό υδρογόνου	$[40+2 \cdot A1]\% = 54\%$
■ Ποσοστό αζώτου	$[60-2 \cdot A1]\% = 46\%$
■ Πίεση μίγματος	$[2,00+0,10 \cdot A1]$ bar = 2,7 bar
■ Ταχύτητα υδρογόνου	$[4,00+0,10 \cdot A1]$ m/s = 4,7 m/s

$$\alpha) U^m = \sum \omega_i u_i \quad \text{απει} \quad \omega_i = \frac{m_i}{m} = \frac{\rho_i}{\rho} = \frac{x_i M_{ri}}{\sum x_i M_{ri}} \Rightarrow \omega_{H_2} = 0,54 \cdot 2 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$\omega_{N_2} = 0,46 \cdot 28 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 12,88 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$\omega_{H_2} = 0,077$$

$$\omega_{N_2} = 1 - 0,077$$

$$u^m = \omega_{H_2} u_{H_2} + \omega_{N_2} u_{N_2} = 0,077 \cdot 4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,923 \cdot 0 = 0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\beta) U^m = \sum x_i u_i = x_{H_2} u_{H_2} = 0,54 \cdot 4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\gamma) \dot{m}_{H_2} = \rho_{H_2} U_{H_2}, \quad \rho_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{V} = \frac{n_{H_2} M_{B_{H_2}}}{V} + \frac{P_{H_2} M_{B_{H_2}}}{RT} = \frac{x_{H_2} P_{\text{tot}} + P_{B_{H_2}}}{RT}$$

$$\Rightarrow \rho_{H_2} = 0,54 \cdot 270 \frac{\text{Pa}}{\text{m}^3} \cdot 2 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 2,916 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 473 \text{ K}$$

$$\dot{m}_{H_2} = 2,916 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 13,705 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\delta) \omega_{H_2} = \frac{C_{H_2} U_{H_2}}{\sum C_i U_i} = \frac{n_{H_2} U_{H_2}}{\sum n_i U_i}$$

$$\frac{P_{H_2} U_{H_2}}{RT} = \frac{P_{\text{tot}} x_{H_2} U_{H_2}}{RT} = \frac{270 \text{ Pa} \cdot 0,54 \cdot 4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 473 \text{ K}} = 174 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

Άσκηση 3

/20

Να υπολογιστεί πόσα γραμμάρια τεστοστερόνης, $C_{19}H_{28}O_2$ (μη ιοντική ένωση με ΜΒ: 288,4 g/mol) πρέπει να προσθέσουμε σε $[200,0 + 5 \cdot A1]$ g βενζολίου (ΜΒ: 78,12 g/mol), στους $26,1^\circ\text{C}$, για να μειωθεί η τάση ατμών στα 95 mmHg. Δίνεται η τάση ατμών καθαρού βενζολίου στους $26,1^\circ\text{C}$ ίση με 100 mmHg.

Να συμπληρωθούν για το $A1 = 7$, σας:

▪ Μάζα βενζολίου $[200,0 + 5 \cdot A1] \text{ g} = 235 \text{ g}$

Αφού $C_{19}H_{28}O_2$ είναι μη ιοντική η ρύθμιση ατμών του διαλύματος οφείλεται μόνο στον ατμικό συντελεστή. $P_{\text{ολ}} = P_{\text{β}}^* = 95 \text{ mmHg}$

$$P_{\text{β}}^* = X_{\text{β}} P_{\text{ολ}} (P_{\text{β}}^*)$$

$$X_{\text{β}} = \frac{P_{\text{β}}^*}{P_{\text{ολ}}} = \frac{95}{100} = 95\%$$

$$\frac{n_{\text{β}}}{n_{\text{ολ}}} = 0,95 = \frac{\frac{m_{\text{β}}}{M_{\text{β}}}}{\frac{m_{\text{β}} + m_{\text{T}}}{M_{\text{β}} + M_{\text{T}}}} = \frac{\frac{235 \text{ g}}{78,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}{\frac{235 \text{ g} + m_{\text{T}}}{78,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + \frac{288,4 \text{ g}}{\text{mol}}}}$$

$$0,95 = \frac{3 \text{ mol}}{3 \text{ mol} + \frac{m_{\text{T}}}{288,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

$$m_{\text{T}} = 45,54 \text{ g}$$

Άσκηση 4

/20

Ένας κατασκευαστής εμφιαλωμένου ανθρακούχου νερού πρόκειται να χρησιμοποιήσει νέα μπουκάλια εμφιάλωσης 1,5 L στους 25°C. Ποια θα πρέπει να είναι η πίεση του CO₂ που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει ο κατασκευαστής έτσι ώστε η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα εντός του μπουκαλιού να είναι [3,00+0,05*A1] g/L; Δίνεται η σταθερά Henry, K_{H-PC}=29,76 atm/(mol/L) για CO₂ στο νερό στους 25°C, και Ατομικά βάρη H:1, C:12, O:16.

Να συμπληρωθεί για το A1=... σας:

■ Συγκέντρωση CO ₂ στο νερό	[3,00+0,05*A1] g/L = 3,35 g/L
--	-------------------------------

$$C = 3,35 \frac{g}{L}$$

Διαρραγή νερού

$$\frac{3,35 g/L}{44 g/mol} = 0,076 \frac{mol}{L}$$

$$\begin{aligned} P_{CO_2}^* &= K_{H-PC} \cdot C_L = 29,76 \frac{atm}{mol/L} \cdot 0,076 \frac{mol}{L} \\ &= 2,27 atm \\ &= 227 kPa \end{aligned}$$

Άσκηση 5

/20

Να υπολογιστεί η μέση απόσταση που θα διανύσει ένας βακτηριοφάγος Α με διάμετρο $d_p = [15,0 + 0,5 \cdot A1]$ nm στο νερό στους $[20 + 2 \cdot A1]$ °C σε ένα εικοσιτετράωρο.

Δίνεται το ιξώδες και η πυκνότητα του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες:

Θερμοκρασία (°C)	Δυναμικό Ιξώδες - μ (10^{-3} Pa s, 10^{-3} N s/m ²)	Πυκνότητα - ρ (kg/m ³)
0	1,787	999,8
4	1,519	1000
10	1,307	999,7
20	1,002	998,2
30	0,798	995,7
40	0,653	992,2
50	0,547	988,1
60	0,467	983,2
70	0,404	977,8
80	0,355	971,8
90	0,315	965,3
100	0,282	958,4

Να συμπληρωθούν για το $A1 = 7$ σας:

$T = 34^\circ\text{C}$

■ Διάμετρος

$d_p = [15,0 + 0,5 \cdot A1]$ nm = 18,5 nm

Στους 34°C

$$\frac{34-30}{40-30} = \frac{\mu_1 - 0,798}{0,653 - 0,798}$$

$$\frac{4}{10} = \frac{\mu_1 - 0,798}{-0,145}$$

$$-0,58 = 10\mu_1 - 7,98$$

$$10\mu_1 = 7,4$$

$$\mu_1 = 0,74 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$$

$$\frac{34-30}{40-30} = \frac{\rho_1 - 995,7}{992,2 - 995,7}$$

$$\frac{4}{10} = \frac{\rho_1 - 995,7}{-3,5}$$

$$10\rho_1 - 9957 = -14$$

$$10\rho_1 = 9943$$

$$\rho_1 = 994,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D_{np} = \frac{x^2}{\tau} = \frac{6kT}{3\pi\eta r_b^2}$$

$$\frac{x^2}{246600} = \frac{1,381 \cdot 10^{-23} \cdot 310 \cdot (341273)^2}{3\pi \cdot 0,74 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s} \cdot 18,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\frac{x^2}{86400} = 3,29 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$x^2 = 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$x = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$x = 1,68 \text{ mm}$$