



Univerza v Mariboru

**FAKULTETA ZA KEMIJO IN
KEMIJSKO TEHNOLOGIJO**

Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija
www.fkkt.um.si

Anita Kovač Kralj, Majda Krajnc

Procesno računanje II

Zbirka nalog z rešitvami za domače delo

Maribor, 2014

Copyright 2014

Naslov: Procesno računanje II, zbirka nalog z rešitvami za domače delo

Avtorici: doc. dr. Anita Kovač Kralj, doc. dr. Majda Krajnc

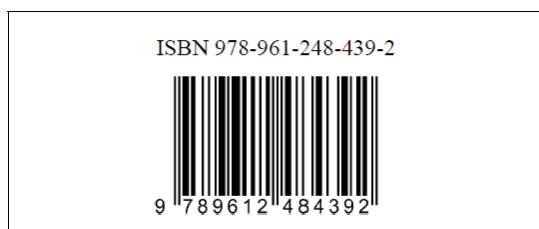
Vrsta gradiva: zbirka nalog

Založnik: FKKT Univerze v Mariboru

Naklada: On-line

Dostopno na naslovu: <http://atom.um.si/Stud/egradiva.php>

Gradiva iz publikacije, brez dovoljenja avtoric, ni dovoljeno kopirati, reproducirati objavljati ali prevajati v druge jezike.



CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

54(075.8)(076)

KOVAČ Kralj, Anita

Procesno računanje II [Elektronski vir] : zbirka nalog z rešitvami za domače delo / Anita Kovač Kralj, Majda Krajnc. - Maribor : Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2014

Način dostopa (URL): <http://atom.um.si/Stud/egradiva.php>

ISBN 978-961-248-439-2

1. Krajnc, Majda

COBISS.SI-ID [78127617](#)

Predgovor

Pri predmetu Procesno računanje II, VS študijskega programa, želimo z dodatnimi nalogami z rešitvami študentom čim bolj približati snov, tako iz teoretičnega dela kot iz praktičnega dela. Učna snov se pogloblja z dodatnim reševanjem nalog v obliki domačih nalog, saj tako študentje sproti utrjujejo učno snov. Reševanje dodatnih nalog študente navaja k večji samostojnosti. V zbirki nalog so dodane tudi naloge z angleškim besedilom, tako se študentje seznanijo z angleškim izrazoslovjem.

Zbirka nalog je dopolnilo k učbeniku Procesne bilance ter Delovnemu zvezku, ki sta osnovni učni gradivi pri tem predmetu.

Anita Kovač Kralj in Majda Krajnc

V Mariboru, marec 2014

Predgovor

I. Poglavje: Pretvarjanje enot veličin	1
Naloga I/1: Pretvarjanje enot veličin 1	1
Naloga I/2: Izračun temperaturnih konstant 1	1
Naloga I/3: Izračun temperaturnih konstant 2	1
Naloga I/4: Pretvarjanje enot veličin 2	2
Naloga I/5: Pretvarjanje temperaturnih konstant entalpije za butan	2
Naloga I/6: Pretvarjanje enot veličin 3	2
Naloga I/7: Pretvarjanje enote tlaka ¹	3
Naloga I/8: Pretvarjanje množine plinov CO in CO ₂	3
Naloga I/9: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete za plin CO	3
Naloga I/10: Pretvarjanje enote mase plinov CO in CO ₂	3
Naloga I/11: Pretvarjanje enot veličin 4	4
Naloga I/12: Pretvarjanje enote splošne plinske konstante	4
Naloga I/13: Pretvarjanje enote težnostnega pospeška	4
Naloga I/14: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete acetona ¹	4
Naloga I/15: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete metanola ¹	5
Naloga I/16: Pretvarjanje enot veličin 5	5
Naloga I/17: Pretvarjanje temperature	5
Naloga I/18: Pretvarjanje enote temperature in gostote	6
Naloga I/19: Pretvarjanje enot veličin 6	6
Naloga I/20: Pretvarjanje enot veličin 7	6
Naloga I/21: Pretvarjanje enot veličin 8	7
Naloga I/22: Pretvarjanje enot veličin 9	7
Naloga I/23: Pretvarjanje enot veličin 10	8
Naloga I/24: Convert the unit of concentration ¹	8
Naloga I/25: Convert the unit of a gravitational acceleration	8
Naloga I/26: Convert the unit of energy	8
Naloga I/27: Convert the unit of the mass heat capacity of ethanol ¹	9
Naloga I/28: Convert the unit of a force	9
Naloga I/29: Convert the unit of a heat flux	9
II. Poglavje: Masne bilance procesnih enot brez kemijske reakcije	11
Naloga II/1: Izračun masne bilance separatorja za zmes metanol/voda	11
Naloga II/2: Izračun masne bilance vlažilne komore	11
Naloga II/3: Izračun masne bilance mešalnika za zmes benzen/toluen	12
Naloga II/4: Izračun masne bilance ločilnika za zmes etanol/metanol/voda	12
Naloga II/5: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/NaOH	13
Naloga II/6: Izračun masne bilance sušilnika ¹	13
Naloga II/7: Izračun masne bilance mešalnika trikomponentne zmesi ¹	14
Naloga II/8: Izračun masne bilance mešalnika za zmes aceton/ocetna kislina	14
Naloga II/9: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/H ₂ SO ₄	15

Naloga II/10: Izračun masne bilance mešalnika plinske zmesi ¹	16
Naloga II/11: Izračun masne bilance separatorja za zmes DME/metanol	16
Naloga II/12: Izračun masne bilance uparjalnika za raztopino NH_4NO_3	17
Naloga II/13: Izračun masne bilance mešalnika za zmes DME/metanol	18
Naloga II/14: Izračun masne bilance destilacijske kolone ¹	18
Naloga II/15: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/HCl	19
Naloga II/16: Izračun masne bilance separatorja za zmes aceton/ocetna kislina	20
Naloga II/17: Izračun masne bilance separatorja za zmes aceton/ocetna kislina	20
Naloga II/18: Izračun masnih tokov plinov	21
Naloga II/19: Izračun masne bilance mešalnika plinske zmesi	22
Naloga II/20: Izračun masne bilance ekstraktorja	22
Naloga II/21: Material balance of the separator for the mixture methanol/water	22
Naloga II/22: Material balance of the dryer ¹	23
Naloga II/23: Material balance of the mixer for the benzene/toluene mixture	24
Naloga II/24: Material balance of the evaporator	24
Naloga II/25: Material balance of the mixer for the water/ H_2SO_4 mixture	25

III. Poglavje: Masne bilance sistemov procesnih enot brez kemijske reakcije

Naloga III/1: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes metanol/voda	27
Naloga III/2: Izračun masne bilance dvostopenjskega uparjalnika za NH_4NO_3	28
Naloga III/3: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes benzen/toluen	28
Naloga III/4: Izračun masne bilance dvostopenjskega sušilnika	29
Naloga III/5: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes DME/metanol	30
Naloga III/6: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo DME	30
Naloga III/7: Izračun masne bilance trostopenjskega sušilnika	31
Naloga III/8: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo metanola	32
Naloga III/9: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes dušik/amoniak	32
Naloga III/10: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo acetona	33
Naloga III/11: Masna bilanca sistema procesnih enot za proizvodnjo metanola z delnim obtokom destilacijskega ostanka	34
Naloga III/12: Izračun masne bilance sistema dveh ločilnikov	34
Naloga III/13: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo amoniaka z obtokom	35
Naloga III/14: Izračun masne bilance sistema procesnih enot trikomponentne zmesi	36
Naloga III/15: Material balance of the system for benzene/toluene mixture	37
Naloga III/16: Material balance of the two-stage dryer	38
Naloga III/17: Material balance in the two-stage evaporator	39

IV. Poglavje: Masne bilance za kemijske reaktorje

Naloga IV/1: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propana	41
Naloga IV/2: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butena	41
Naloga IV/3: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etana z znano stopnjo presnove	42
Naloga IV/4: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butana	42

Naloga IV/5: Masna bilanca reaktorja pridobivanja dušikove kisline	43
Naloga IV/6: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propanola	44
Naloga IV/7: Masna bilanca reaktorja dehidrogenacije etana	44
Naloga IV/8: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etana	45
Naloga IV/9: Masna bilanca zgorevanja metana v komori	46
Naloga IV/10: Masna bilanca reaktorja zgorevanja metanola	47
Naloga IV/11: Masna bilanca reaktorja oksidacije etena	48
Naloga IV/12: Izračun prebitnega zraka ¹	48
Naloga IV/13: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etanola	48
Naloga IV/14: Izračun sestave plina v množinskih deležih ¹	49
Naloga IV/15: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propana	49
Naloga IV/16: Masna bilanca zgorevanja etanola v komori	50
Naloga IV/17: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butanola	51
Naloga IV/18: Masna bilanca reaktorja popolnega zgorevanja etanola	52
Naloga IV/19: Production of acrylonitrile ¹	53
Naloga IV/20: Production of ethane and methane ¹	53
Naloga IV/21: Molar composition of the gas ¹	53
Naloga IV/22: Production of the gas ¹	54

V. Poglavje: Masne bilance sistemov procesnih enot s kemijsko reakcijo

Naloga V/1: Zgorevanje etanola	55
Naloga V/2: Zgorevanje propanola	55
Naloga V/3: Zgorevanje etana z znano stopnjo presnove	56
Naloga V/4: Pridobivanje dušikove kisline	57
Naloga V/5: Zgorevanje metanola	58
Naloga V/6: Dehidrogenacija etana	58
Naloga V/7: Zgorevanje metana v komori	59
Naloga V/8: Zgorevanje propana	60
Naloga V/9: Zgorevanje etana	61
Naloga V/10: Zgorevanje butena	62
Naloga V/11: Popolno zgorevanje etanola	63
Naloga V/12: Calculate molar composition of the gases	64
Naloga V/13: Calculate the material balance of the reactor system ¹	64
Naloga V/14: Calculate the material balance of the reactor for formaldehyde production ¹	64

VI. Obdelava podatkov

Naloga VI/1: Obdelava podatkov spremenljivk ²	65
Naloga VI/2: Obdelava podatkov spremenljivk x , y ¹	65
Naloga VI/3: Obdelava podatkov spremenljivk y , x ¹	66
Naloga VI/4: Obdelava podatkov spremenljivk r_A in c_A v laboratorijskem reaktorju ²	66
Naloga VI/5: Obdelava podatkov spremenljivk x , y ²	67
Naloga VI/6: Obdelava podatkov spremenljivk x , y ³	67
Naloga VI/7: Obdelava podatkov spremenljivk T in p za metanol ¹	68

Naloga VI/8: Obdelava podatkov spremenljivk x , y kvadratne enačbe	68
Naloga VI/9: Izračun parametrov a in b 1	69
Naloga VI/10: Obdelava podatkov spremenljivk P in t 1	69
Naloga VI/11: Obdelava podatkov spremenljivk T in p za aceton ¹	70
Naloga VI/12: Obdelava podatkov spremenljivk $f(t)$ in t	71
Naloga VI/13: Obdelava podatkov spremenljivk c_A in t	71
Naloga VI/14: Obdelava podatkov spremenljivk P in t 2	71
Naloga VI/15: Obdelava podatkov spremenljivk p in T za n-butan ¹	72
Naloga VI/16: Obdelava podatkov spremenljivk t and q ¹	73
Naloga VI/17: Obdelava podatkov spremenljivk p in t za benzofenon ¹	73
Naloga VI/18: Obdelava podatkov spremenljivk x in y 4	73
Naloga VI/19: Obdelava podatkov spremenljivk p in t za n-pentan ¹	74
Naloga VI/20: Determine parameters a and b ¹	75
Naloga VI/21: Determine parameter k ¹	75
Naloga VI/22: Determine parameters a and b ¹	76
Naloga VI/23: Determine parameters k and c_{A0} ¹	76

VII. Osnove numeričnih metod

Naloga VII/1: Določitev spremenljivke x z uporabo numeričnih metod ³	77
Naloga VII/2: Določitev specifične toplotne kapacitete CO_2 1	77
Naloga VII/3: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe 1	77
Naloga VII/4: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe 2	78
Naloga VII/5: Določitev specifične toplotne kapacitete CO_2 2	78
Naloga VII/6: Uporaba numeričnih metod za določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe ³	78
Naloga VII/7: Določitev specifične toplotne kapacitete CO_2 3	79
Naloga VII/8: Določitev spremenljivke x z numeričnimi metodami 1 ³	79
Naloga VII/9: Določitev spremenljivke x z numeričnimi metodami 2 ³	79
Naloga VII/10: Določitev spremembe entalpije plina butana ¹	80
Naloga VII/11: Uporaba numeričnih metod za določitev spremenljivke x iz kubične enačbe ³	80
Naloga VII/12: Določitev molske toplotne kapacitete ketena	81
Naloga VII/13: Določitev spremenljivke x	81
Naloga VII/14: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe na določenem intervalu ³	81
Naloga VII/15: Določitev spremenljivke x z Newtonovo in grafično metodo	82
Naloga VII/16: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe z numeričnimi metodami ³	82
Naloga VII/17: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe	82
Naloga VII/18: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe z numeričnimi metodami ³	83
Naloga VII/19: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe z Newtonovo in grafično metodo	83
Naloga VII/20: Določitev spremenljivke x z Newtonovo metodo in metodo zaporedne substitucije 1	83
Naloga VII/21: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe na določenem	

intervalu z numeričnimi metodami ³	84
Naloga VII/22: Določitev spremenljivke x z Newtonovo metodo in metodo zaporedne substitucije 2	84
Naloga VII/23: Determine the variable x by using Newton method ³	84
Naloga VII/24: Determine the variable x by using graphical and Newton methods ³	85
Naloga VII/25: Determine the variable x by using numerical methods ³	85

<u>VIII. Literatura</u>	87
--------------------------------	----

I. Poglavje: Pretvarjanje enot veličin

Naloga I/1: Pretvarjanje enot veličin 1

Pretvorite naslednje enote v zelene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Prostorninski tok	2,5 cm ³ /min	in ³ /d
Toplotna kapaciteta	2 Btu/(lbmol · ° R)	cal/(mol · K)
Gostota	500 kg/m ³	lb/ft ³
Pospešek	10 nm/s ²	cm/h ²

Naloga I/2: Izračun temperaturnih konstant 1

Parni tlak acetata (C₆H₁₄O₂) v odvisnosti od temperature je prikazan s funkcijsko zvezo, kjer je tlak v bar in temperatura v K:

$$\ln(p^{nas}) = 13 - \frac{4960}{T}$$

Preračunajte obe konstanti A=13 in B=4960 tako, da bo temperaturni člen predstavljal temperaturo v °C! Zapišite končno obliko enačbe!

(Rezultat: $\ln(p^{nas}) = -1409 + 13 \cdot t$)

Naloga I/3: Izračun temperaturnih konstant 2

Toplotno prevodnost etanola (λ) izračunamo po naslednji enačbi:

$$\lambda = 2,5344 - 0,000293 \cdot T$$

λ je izražen v Wm⁻¹ · K⁻¹ in temperatura T v K.

Preračunajte obe konstanti A=2,5344 in B=0,000293, tako da bo temperaturni člen predstavljal temperaturo v °C!

(Rezultat: $\lambda = 2,4544 - 0,000293 \cdot t$)

Naloga I/4: Pretvarjanje enot veličin 2

Pretvorite naslednje enote v zelene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Tlak	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	bar
Gostota	33 lb/in^3	kg/cm^3
Toplotni tok	6000 J/s	kW
Molska masa	12 lb/lbmol	g/mol

Naloga I/5: Pretvarjanje temperaturnih konstant spremembe entalpije za butan

Spremembo entalpije za butan (ΔH) izračunamo po naslednji enačbi:

$$\Delta H = -0,14344 \times 10^6 + 0,002522 \cdot T$$

ΔH je izražen v J/mol in temperatura T v K.

Preračunajte konstanti $A = -0,14344 \times 10^6$ in $B = 0,002522$ tako, da bo temperaturni člen predstavljal temperaturo v °F!

(Rezultat: $\Delta H = -0,14344 \times 10^6 + 0,001387 \cdot t$)

Naloga I/6: Pretvarjanje enot veličin 3

Pretvorite naslednje enote v zelene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Prostorninski tok	$78 \text{ cm}^3/\text{min}$	in^3/d
Toplotna kapaciteta	$92 \text{ Btu}/(\text{lbmol} \cdot ^\circ \text{R})$	$\text{cal}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
Gostota	80 kg/m^3	lb/ft^3
Pospešek	10 nm/s^2	cm/h^2

Naloga I/7: Pretvarjanje enote tlaka¹

Izračunajte tlak (p) na globini 30 m po naslednji enačbi:

$$p = p_o + \rho \cdot g \cdot h$$

kjer je $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, gostota vode, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ in atmosferski tlak $p_o = 1,013 \text{ bar}$.
Izračunajte tlak v N/m^2 in mmHg.

(Rezultat: $3,96 \times 10^5 \text{ N/m}^2$; $2,97 \times 10^3 \text{ mmHg}$)

Naloga I/8: Pretvarjanje množine plinov CO in CO₂

Koliko mol je 140 g CO in 120 g CO₂? Uporabite princip krajšanja enot.

(Rezultat: 5 mol CO in 2,72 mol CO₂)

Naloga I/9: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete za plin CO

Masno toplotno kapaciteto plina CO izračunamo po naslednji enačbi:

$$c_p = 0,122 + 0,572 \times 10^{-4} \cdot t$$

c_p je v $\text{Btu}/(\text{lb} \cdot ^\circ\text{F})$ in temperatura t v $^\circ\text{F}$.

Izrazite enačbo tako, da bo c_p v $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ in temperaturni člen v $^\circ\text{C}$.

(Rezultat: $c_p = 0,517 + 4,312 \times 10^{-4} \cdot t/^\circ\text{C}$ [$\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$])

Naloga I/10: Pretvarjanje enote mase plinov CO in CO₂

Kolikšna je masa v lb za 4 mol CO in 5 mol CO₂. Uporabite princip krajšanja enot.

(Rezultat: 0,247 lb CO in 0,485 lb CO₂)

Naloga I/11: Pretvarjanje enot veličin 4

Pretvorite naslednje enote v zelene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Tlak	$14 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	bar
Gostota	18 lb/in^3	kg/cm^3
Toplotni tok	9000 J/s	kW
Spec. toplotna kapaciteta	120 cal/(kg K)	$\text{Btu/(kg } ^\circ\text{C)}$

Naloga I/12: Pretvarjanje enote splošne plinske konstante

Pretvorite splošno plinsko konstanto $R = 1,987 \text{ cal/(mol} \cdot \text{K)}$ v $\text{J/(mol} \cdot ^\circ\text{C)}$ in $\text{Btu/(lbmol} \cdot ^\circ\text{R)}$! Poiščite ustrezne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot.

(Rezultat: $8,314 \text{ J/(mol} \cdot ^\circ\text{C)}$ in $1,987 \text{ Btu/(lbmol} \cdot ^\circ\text{R)}$)

Naloga I/13: Pretvarjanje enote težnostnega pospeška

Pretvorite težnostni pospešek $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ v dm/min^2 in ft/s^2 ! Poiščite ustrezne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot.

(Rezultat: $352,8 \times 10^3 \text{ dm/min}^2$; $32,15 \text{ ft/s}^2$)

Naloga I/14: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete acetona¹

Masno toplotno kapaciteto acetona izračunamo po naslednji enačbi:

$$c_p = 0,243 + 1,145 \times 10^{-4} \cdot t$$

c_p je v $\text{Btu/(lb} \cdot ^\circ\text{F)}$ in temperatura t v $^\circ\text{F}$. Izrazite enačbo tako, da bo c_p v $\text{J/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$ in temperaturni člen v $^\circ\text{C}$.

(Rezultat: $c_p = 1,034 + 8,625 \times 10^{-4} \cdot t/^\circ\text{C}$ [$\text{J/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$])

Naloga I/15: Pretvarjanje enote masne toplotne kapacitete metanola¹

Masno toplotno kapaciteto metanola izračunamo po naslednji enačbi:

$$c_p = 0,162 + 0,763 \times 10^{-4} \cdot t$$

c_p je v Btu/(lb·°F) in temperatura t v °F.

Izrazite enačbo tako, da bo c_p v J/(kg·°C) in temperaturni člen v °C.

(Rezultat: $c_p = 686,34 + 0,574 \cdot t / ^\circ\text{C}$ [J/(kg·°C)])

Naloga I/16: Pretvarjanje enot veličin 5

Pretvorite naslednje enote v želene:

a) $42 \frac{\text{ft}^2}{\text{h}}$ v $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$

Pretvorniki: 1 ft=30,48 cm

1 mi=1609,347 m

b) $60 \frac{\text{mi}}{\text{h}}$ v $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

1 J/s = 1 W

c) 4,21 kW v J/s

Pri pretvarjanju uporabite princip krajšanja enot!

(Rezultat: a) 10,8 cm²/s

b) 26,8 m/s

c) 4210 J/s)

Naloga I/17: Pretvarjanje temperature

Povprečni zimski in letni temperaturi ozračja v Sloveniji sta –5 °C in 25 °C. Koliko je to v K, °R in °F? Uporabite ustrezne enačbe za pretvarjanje!

(Rezultat: 268,15 K in 298,15 K

482,67 °R in 536,67 °R

23 °F in 77 °F)

Naloga I/18: Pretvarjanje enote temperature in gostote

a) Normalna temperatura vrelišča metanola je $t_v = 64,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podajte to temperaturo še v $^{\circ}\text{F}$ in $^{\circ}\text{R}$! Pri tem uporabite ustrezne enačbe za preračun.

b) Pretvorite naslednjo enoto v želeno:

$$\frac{20\text{ mg}}{\text{cm}^3} \quad \text{v} \quad \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Uporabite princip krajšanja enot in naslednje pretvornike:

$$1\text{ ft} = 30,48\text{ cm}$$

$$1\text{ lb} = 453,59\text{ g}$$

(Rezultat: a) $148,46\text{ }^{\circ}\text{F}$ in $608,13\text{ }^{\circ}\text{R}$

b) $1,248\text{ lb/ft}^3$)

Naloga I/19: Pretvarjanje enot veličin 6

Pretvorite naslednje enote v zelene:

$$\text{a) } 4 \frac{\text{Btu}}{(\text{lbmol } ^{\circ}\text{R})} \quad \text{v} \quad \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

$$\text{b) } \frac{600\text{ kg}}{\text{m}^3} \quad \text{v} \quad \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{c) } \frac{8\text{ lb}}{\text{ft}^3} \quad \text{v} \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Pri tem uporabite **princip krajšanja enot** in naslednje pretvornike:

$$1\text{ lbmol} = 453,59\text{ mol}$$

$$1\text{ ft} = 0,3048\text{ m}$$

$$1\text{ Btu} = 1055,06\text{ J}$$

$$1\text{ lb} = 0,45359\text{ kg}$$

(Rezultat: a) $16,74\text{ J/(mol K)}$

b) $37,46\text{ lb/ft}^3$

c) $128,14\text{ kg/m}^3$)

Naloga I/20: Pretvarjanje enot veličin 7

Pretvorite naslednje enote v zelene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Prostorninski tok	7,8 cm ³ /min	in ³ /h
Toplotna kapaciteta	77 Btu/(lbmol · ° R)	cal/(kmol · K)
Gostota	900 kg/m ³	lb/ft ³
Pospešek	8 nm/s ²	cm/min ²

Naloga I/21: Pretvarjanje enot veličin 8

Pretvorite naslednje enote v želene:

a) $\frac{25 \text{ lb ft}}{\text{min}^2} \quad \text{v} \quad \frac{\text{kg cm}}{\text{s}^2}$

b) $\frac{3 \text{ g}}{\text{cm}^3} \quad \text{v} \quad \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$

c) $\frac{30 \text{ ft}^3}{\text{min}} \quad \text{v} \quad \frac{\text{L}}{\text{s}}$

Pri tem uporabite princip krajšanja enot in naslednje pretvornike:

1 lb = 0,45359 kg

1 ft = 30,48 cm

(Rezultat: a) 0,1 kg cm/s²

b) 187,3 lb/ft³

c) 21 L/s)

Naloga I/22: Pretvarjanje enot veličin 9

Pretvorite naslednje enote v želene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Molska masa	12 lb/lbmol	g/mol
Gostota	30 lb/in ³	kg/cm ³
Toplotni tok	2000 J/s	kW
Tlak	2·10 ⁵ Pa	bar

Naloga I/23: Pretvarjanje enot veličin 10

Pretvorite naslednje enote v želene! Poiščite osnovne pretvornike in uporabite princip krajšanja enot!

Ime veličine	Osnova	Pretvorba
Prostorninski tok	25 cm ³ /min	in ³ /min
Toplotna kapaciteta	72 Btu/(lbmol · ° R)	cal/(mol · °F)
Gostota	880 kg/m ³	lb/in ³
Pospešek	90 nm/s ²	m/h ²

Naloga I/24: Convert the unit of concentration¹

A concentration c (mol/L) varies with time t (min) according to the equation:

$$c = 3 \cdot e^{-2 \cdot t}$$

- What are the units of constant 3 and 2?
- Calculate the concentration in lbmol/L at 1 min?

(Results: a) mol/L and 1/min
b) 0,4 mol/L)

Naloga I/25: Convert the unit of a gravitational acceleration

Convert a gravitational acceleration (g) of 9,8 m/s² into its equivalent in km/min² and in ft/s²! Find basic conversion factors and use the principle of canceling out old units.

(Results: 35,28 km/min²; 32,15 ft/s²)

Naloga I/26: Convert the unit of energy

Convert energy of 5×10⁶ lb·ft²/h² into its equivalent in kg·m²/s²! Find basic conversion factors and use the principle of canceling out old units.

(Result: 0,016 kg·m²/s²)

Naloga I/27: Convert the unit of the mass heat capacity of ethanol¹

Mass heat capacity of ethanol is calculated by the following equation:

$$c_p = 0,097 + 0,458 \times 10^{-4} \cdot t$$

c_p is expressed in Btu/(lb·°F) and temperature t in ° F.

Convert the equation and the unit of mass heat capacity, c_p into J/(g·°C) and temperature into °C.

(Result: $c_p = 0,4136 + 3,45 \times 10^{-4} \cdot t/^{\circ}\text{C}$ [J/(g·°C)])

Naloga I/28: Convert the unit of a force

Convert a force of $8 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ into its equivalent in lb·ft/h²! Find basic conversion factors and use the principle of canceling out old units.

(Result: 750 lb·ft/h²)

Naloga I/29: Convert the unit of a heat flux

Convert a heat flux of $100 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ into its equivalent in Btu/(ft²·min)! Find basic conversion factors and use the principle of canceling out old units.

(Result: 0,53 Btu/(ft²·min))

II. Poglavje: Masne bilance procesnih enot brez kemijske reakcije

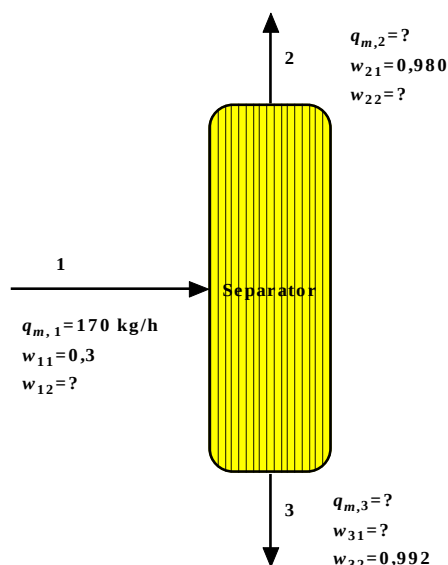
Naloga II/1: Izračun masne bilance separatorja za zmes metanol/voda

Rešite masno bilanco **separatorja**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s, N_n, N_e ,
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže,
- $\overline{M}_3, F_3$ in x_{32} .

1–metanol

2–voda



- (Rezultat:** a) $N_s = 9; N_n = 4; N_e = 5$
 b) $q_{m,2} = 51 \text{ kg/h}; q_{m,3} = 119 \text{ kg/h};$
 c) $w_{12} = 0,7; w_{22} = 0,02; w_{31} = 0,008)$
 d) $\overline{M}_3 = 18; F_3 = 6,6; x_{32} = 0,995)$

Naloga II/2: Izračun masne bilance vlažilne komore¹

Eksperiment je pokazal, da potrebujejo nekateri organizmi za svojo rast vlažen zrak obogaten s kisikom. V vlažilno komoro vtekajo trije procesni tokovi: voda, zrak in kisik. Po mešanju teh tokov izteka iz komore tok želene sestave v katerem so kisik, voda in dušik. Narišite shemo procesa in izračunajte vse neznane spremenljivke procesa.

Določite N_s in N_n ! Na voljo so naslednji podatki:

- a) vtok vode je $20 \text{ cm}^3/\text{min}$,
- b) sestava vtočnega zraka ($x(\text{N}_2)=79 \%$ in $x(\text{O}_2)=21 \%$),
- c) vtok čistega kisika, ki znaša $1/5$ množinskega toka zraka,
- d) na iztoku je bila izmerjena vsebnost vode, ki znaša $x(\text{H}_2\text{O})=1,5 \%$.

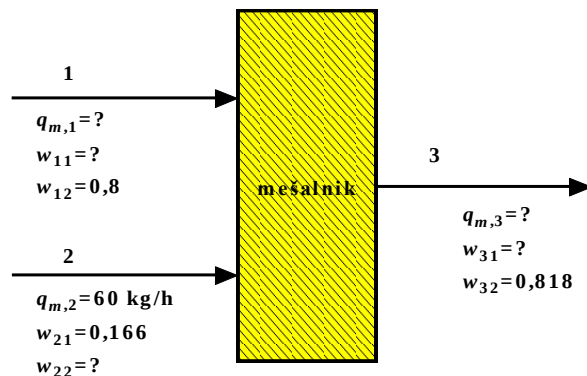
Naloga II/3: Izračun masne bilance mešalnika za zmes benzen/toluen

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s, N_n, N_e ,
- b) manjkajoče masne tokove,
- c) manjkajoče masne deleže,
- d) $\overline{M}_2, F_2$ in x_{22} .

1–benzen

2–toluen



- (Rezultat:** a) $N_s = 9; N_n = 4; N_e = 5$
 b) $q_{m,1} = 50 \text{ kg/h}; q_{m,3} = 110 \text{ kg/h};$
 c) $w_{11} = 0,2; w_{22} = 0,834; w_{31} = 0,182)$

Naloga II/4: Izračun masne bilance ločilnika za zmes etanol/metanol/voda

Trikomponentno zmes napajamo s pretokom 100 kg/h v **ločilnik**. Sestava zmesi je naslednja: $w(\text{etanol}) = 50 \%$, $w(\text{metanol}) = 10 \%$, $w(\text{voda}) = 40 \%$.

Ko se vzpostavi stacionarno stanje, dobimo v toku 2 zmes s sestavo $w(\text{etanol}) = 80 \%$, $w(\text{metanol}) = 15 \%$ in $w(\text{voda}) = 5 \%$. Pretok tega produkta je 60 kg/h . Tok 3 je neznane sestave.

- a) Narišite shemo procesa ter določite N_s in N_n .
- b) Izračunajte sestavo toka 3.
- c) Izračunajte masni pretok, $q_{m,3}$.

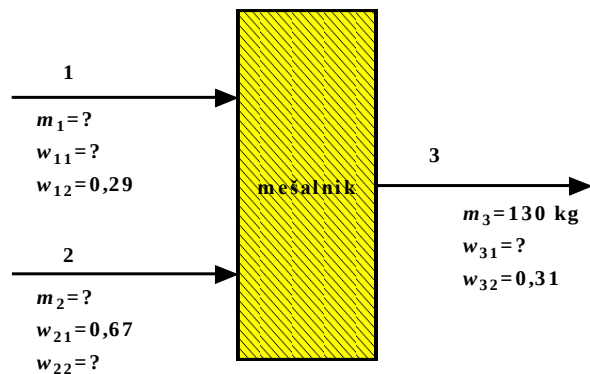
Naloga II/5: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/NaOH

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki in kjer se mešata dve raztopini. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s, N_n, N_e ,
- b) manjkajoči masi raztopin,
- c) manjkajoče masne deleže,
- d) $\overline{M}_3, n_3$ in x_{32} .

1–voda

2–NaOH



(Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
b) $m_1 = 70 \text{ kg}$; $m_2 = 60 \text{ kg}$;
c) $w_{11} = 0,71$; $w_{22} = 0,33$; $w_{31} = 0,69$)

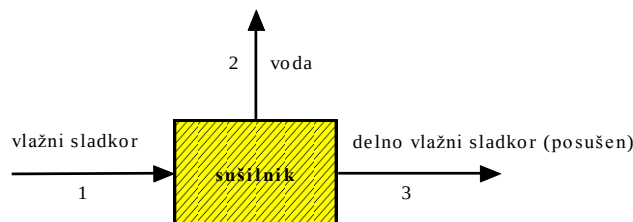
Naloga II/6: Izračun masne bilance sušilnika¹

Vlažni sladkor vsebuje $w = 20 \%$ vode. Takšen sladkor vodimo v sušilnik v katerem odstranimo $w = 75 \%$ vode. Če vsako minuto vteka v sušilnik 100 kg vlažnega sladkorja, določite masni delež sladkorja v še delno vlažnem sladkorju, ki izteka iz sušilnika!

Poenostavljen proces prikazuje slika.

1–sladkor

2–voda

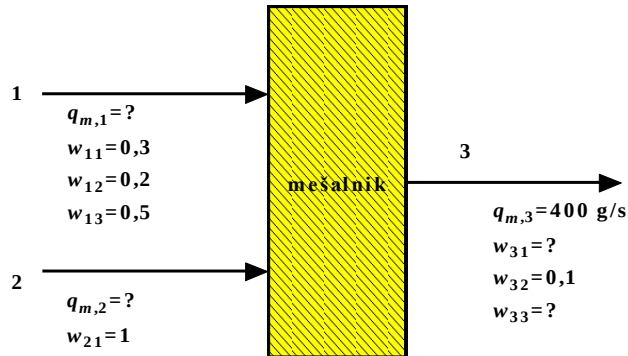


(Rezultat: $w_{31} = 0,9412$)

Naloga II/7: Izračun masne bilance mešalnika trikomponentne zmesi¹

V **mešalnik** vtekata dva procesna tokova. V prvem toku imamo trikomponentno zmes znane sestave, v drugem toku vteka čista komponenta 1. Zapišite enačbe za masno bilanco.

- Določite N_s , N_n in N_e .
- Določite neznane tokove.
- Določite neznane deleže komponent.



- (Rezultat: a) $N_s = 10$; $N_n = 6$; $N_e = 4$
b) $q_{m,1} = 200 \text{ g/s}$; $q_{m,2} = 200 \text{ g/s}$;
c) $w_{31} = 0,65$; $w_{33} = 0,25$)

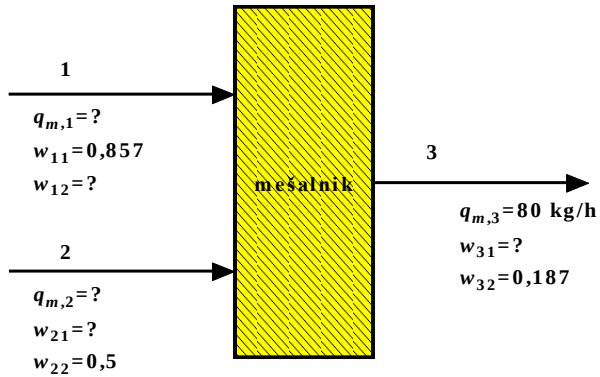
Naloga II/8: Izračun masne bilance mešalnika za zmes aceton/ocetna kislina

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s , N_n , N_e ,
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže,
- $\overline{M}_3$, F_3 in x_{32} .

1–aceton

2–ocetna kislina



- (Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
 b) $q_{m,1} = 70 \text{ kg/h}$; $q_{m,2} = 10 \text{ kg/h}$;
 c) $w_{12} = 0,142$; $w_{21} = 0,5$; $w_{31} = 0,813$
 d) $\overline{M}_3 = 58$; $F_3 = 1,4$; in $x_{32} = 0,18$)

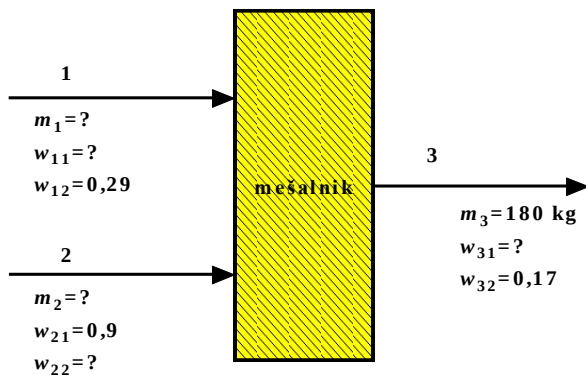
Naloga II/9: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/ H_2SO_4

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki in kjer se mešata dve raztopini. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s , N_n , N_e ,
 b) manjkajoči masi raztopin,
 c) manjkajoče masne deleže,
 d) $\overline{M}_3$, n_3 in x_{32} .

1–voda

2– H_2SO_4



- (Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
 b) $m_1 = 70 \text{ kg}$; $m_2 = 110 \text{ kg}$;
 c) $w_{11} = 0,71$; $w_{22} = 0,10$; $w_{31} = 0,83$
 d) $\overline{M}_3 = 20,9$; $n_3 = 8,6$; in $x_{32} = 0,04$)

Naloga II/10: Izračun masne bilance mešalnika plinske zmesi¹

Zrak, s sestavo $x = 21\% \text{ O}_2$ in $x = 79\% \text{ N}_2$, ima pretok 150 kg/min . Pomešamo ga s čistim kisikom, saj želimo proizvajati plin, za uporabo pri določeni terapiji. Produkt (plin) mora vsebovati $w = 40\% \text{ O}_2$.

- a) Narišite shemo procesa.
- b) Določite N_s in N_n .
- c) Izračunajte masni vtok čistega kisika.
- d) Izračunajte sestavo produkta.
- e) Izračunajte masni iztok plina.

1–kisik

2–dušik

(Rezultat: b) $N_s = 8$; $N_n = 5$
c) $q_{m,2} = 41,75 \text{ kg/min}$
d) $w_{31} = 0,4$; $w_{32} = 0,6$
e) $q_{m,3} = 191,75 \text{ kg/min}$)

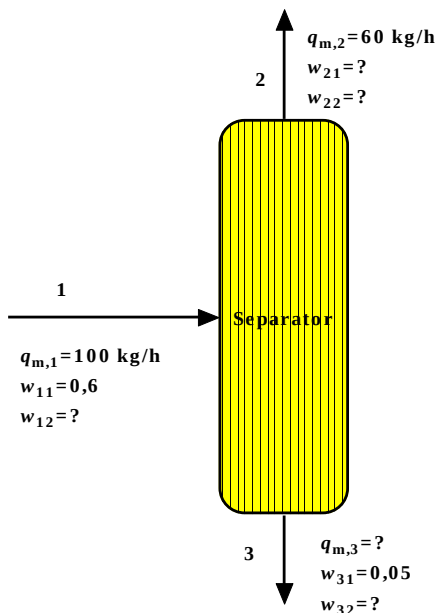
Naloga II/11: Izračun masne bilance separatorja za zmes DME/metanol

Rešite masno bilanco **separatorja**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s , N_n , N_e ,
- b) manjkajoče masne tokove,
- c) manjkajoče masne deleže,
- d) $\overline{M}_3$, F_3 in x_{32} .

1–DME

2–metanol

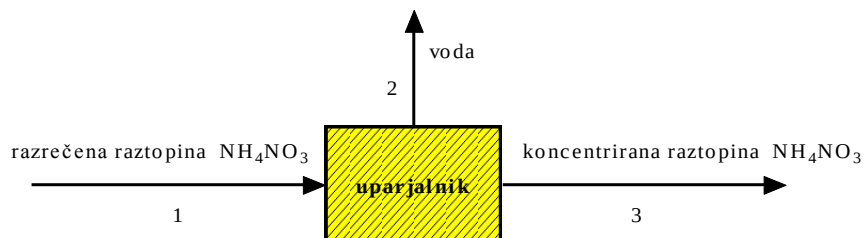


(Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
 b) $q_{m,3} = 40 \text{ kg/h}$;
 c) $w_{12} = 0,4$; $w_{21} = 0,966$; $w_{22} = 0,034$; $w_{32} = 0,95$)

Naloga II/12: Izračun masne bilance uparjalnika za raztopino NH_4NO_3

Izračunajte:

- koliko vode moramo upariti, če želimo iz 12 % raztopine NH_4NO_3 dobiti 60 % raztopino NH_4NO_3 . Deleži so na masni osnovi. Vtok razredčene raztopine je $q_m = 1000 \text{ kg/h}$.
- Določite N_s , N_n , N_e ter
- koliko znaša pretok koncentrirane raztopine NH_4NO_3 .



(Rezultat: a) $q_{m,2} = 800 \text{ kg/h}$
 b) $N_s = 8$; $N_n = 4$; $N_e = 4$
 c) $q_{m,3} = 200 \text{ kg/h}$)

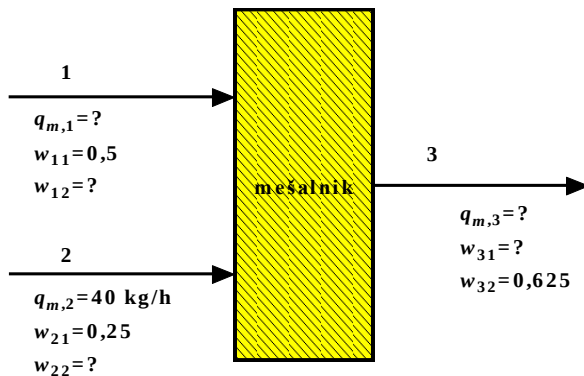
Naloga II/13: Izračun masne bilance mešalnika za zmes DME/metanol

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s, N_n, N_e ,
- b) manjkajoče masne tokove,
- c) manjkajoče masne deleže,
- d) $\overline{M}_3, F_3$ in x_{32} .

1–DME

2–metanol



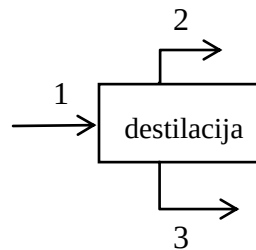
- (Rezultat: a) $N_s = 9; N_n = 4; N_e = 5$
b) $q_{m,1} = 40 \text{ kg/h}; q_{m,3} = 80 \text{ kg/h};$
c) $w_{12} = 0,5; w_{22} = 0,75; w_{31} = 0,375$)

Naloga II/14: Izračun masne bilance destilacijske kolone¹

1000 kg/h zmesi toluena in benzena (tok 1) vsebuje $w = 50 \%$ benzena. Pri določenih pogojih dobimo z destilacijo dva produkta, kot je prikazano na sliki:

1–benzen

2–toluen



V toku 2 proizvedemo vsako uro 450 kg benzena, v toku 3 pa 475 kg toluena. Proces obratuje v stacionarnem stanju, kontinuirano. Izračunajte:

- N_s , N_e in N_n ,
- masna tokova q_{m2} in q_{m3} ,
- sestavo tokov 1, 2 in 3 v masnih deležih.

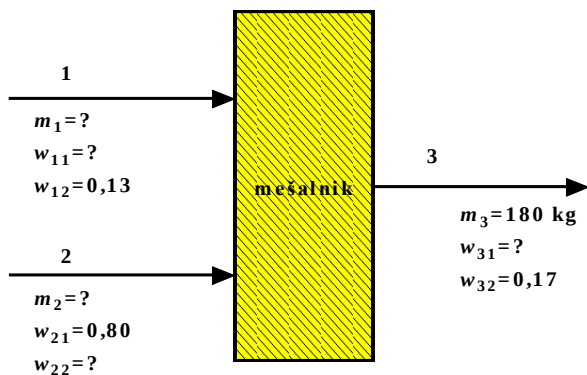
(Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 5$; $N_e = 4$
 b) $q_{m,2} = 475 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 525 \text{ kg/h}$;
 c) $w_{21} = 0,947$; $w_{22} = 0,053$; $w_{31} = 0,095$; $w_{32} = 0,905$)

Naloga II/15: Izračun masne bilance mešalnika za zmes voda/HCl

Rešite masno bilanco **mešalnika**, ki je prikazan na sliki in kjer se mešata dve raztopini. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s , N_n , N_e ,
- manjkajoči masi raztopin,
- manjkajoče masne deleže,
- $\overline{M}_3$, n_3 in x_{32} .

1–voda
 2– HCl



(Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
 b) $m_1 = 80 \text{ kg}$; $m_2 = 100 \text{ kg}$;
 c) $w_{11} = 0,87$; $w_{22} = 0,30$; $w_{31} = 0,83$)

Naloga II/16: Izračun masne bilance separatorja za zmes aceton/ocetna kislina

Tekoča zmes benzena in toluena vsebuje $w = 50 \%$ benzena. Del zmesi upari, pri čemer nastane produkt v parni fazi, v katerem je $w = 60 \%$ benzena, in produkt v tekoči fazi, ki vsebuje $w = 37,6 \%$ benzena. Predpostavimo, da je v procesu vzpostavljeno stacionarno stanje in da v uparjalnik vteka vsako uro 100 kg zmesi.

1–benzen

2–toluen

- a) Narišite shemo procesa.
- b) Zapišite enačbe masne bilance.
- c) Določite N_s , N_n in N_e .
- d) Izračunajte vse manjkajoče deleže.
- e) Izračunajte manjkajoča masna tokova.

(Rezultat: c) $N_s = 9$; $N_n = 5$; $N_e = 4$

d) $w_{12} = 0,5$; $w_{22} = 0,4$; $w_{31} = 0,095$; $w_{32} = 0,624$)

e) $q_{m,2} = 55,3 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 44,7 \text{ kg/h}$;

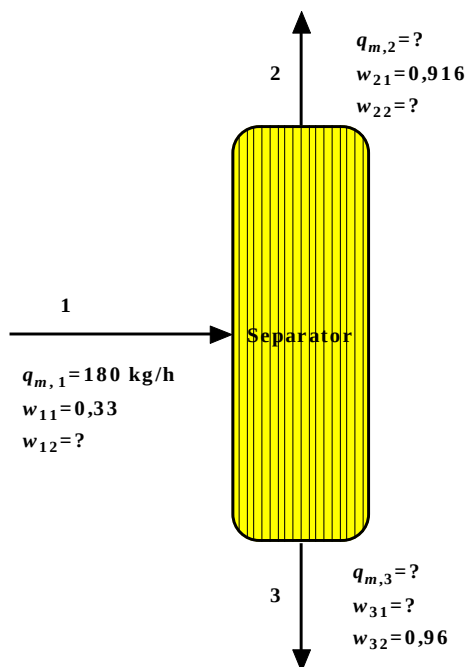
Naloga II/17: Izračun masne bilance separatorja za zmes aceton/ocetna kislina

Rešite masno bilanco **separatorja**, ki je prikazan na sliki. Zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- a) N_s , N_n , N_e ,
- b) manjkajoče masne tokove,
- c) manjkajoče masne deleže,
- d) $\overline{M}_2$, F_2 in x_{22} .

1–aceton

2–ocetna kislina



(Rezultat: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
 b) $q_{m,2} = 60 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 120 \text{ kg/h}$;
 c) $w_{12} = 0,67$; $w_{22} = 0,084$; $w_{31} = 0,04$)

Naloga II/18: Izračun masnih tokov plinov

V nekem procesu so podatki za tok 1 naslednji:

$$F_1 = 100 \text{ kmol/h}$$

$$x(\text{CH}_4) = 0,3$$

$$x(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,4$$

$$x(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,3.$$

Izračunajte :

- množinski pretok CH_4 ,
- masni pretok C_2H_4 ter
- masni pretok toka 1!

(Rezultat: a) 30 kmol/h
 b) 1120 kg/h
 c) 2500 kg/h)

Naloga II/19: Izračun masne bilance mešalnika plinske zmesi

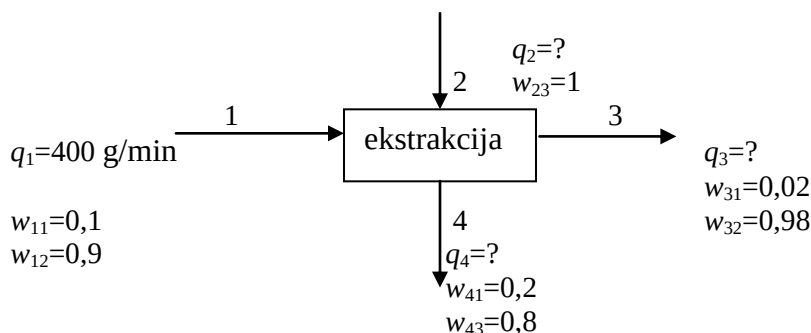
Naravni plin (tok 1) vsebuje $x = 85\% \text{ CH}_4$, $x = 10\% \text{ C}_2\text{H}_6$ in $x = 5\% \text{ C}_2\text{H}_4$. Drugi plin (tok 2) vsebuje $x = 89\% \text{ C}_2\text{H}_4$ in $x = 11\% \text{ C}_2\text{H}_6$ ter tretji plin (tok 3) $x = 94\% \text{ C}_2\text{H}_6$ in $x = 6\% \text{ CH}_4$. Narišite procesno shemo!

Koliko plina v toku 1, toku 2 in toku 3 moramo dovesti v **mešalnik**, če želimo proizvesti 100 mol/min plina, ki vsebuje enake deleže CH_4 , C_2H_4 in C_2H_6 ?

(Rezultat: $F_1 = 37,2 \text{ mol/min}$; $F_2 = 35,3 \text{ mol/min}$; $F_3 = 27,5 \text{ mol/min}$)

Naloga II/20: Izračun masne bilance ekstraktorja

Na sliki je prikazan kontinuiran postopek ekstrakcije, pri kateri topljenec A prehaja iz topila S v drugo topilo T, v katerem je bolj topen.



topljenec (A) - 1
prvo topilo (S) - 2
drugo topilo (T) - 3

- a) Rešite masno bilanco procesa ekstrakcije ter
b) določite N_s in N_n !

(Rezultat: a) $q_2 = 130 \text{ g/min}$; $q_3 = 367 \text{ g/min}$; $q_4 = 163 \text{ g/min}$;
b) $N_s = 11$ in $N_n = 8$)

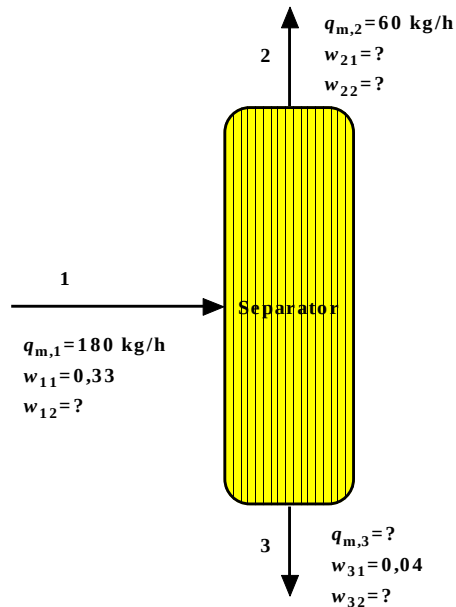
Naloga II/21: Material balance of the separator for the mixture methanol/water

Solve the material balance of the separator, which is shown in Figure. Write down the equations for the material balance and calculate:

- a) N_s , N_n , N_e ,
b) the missing mass flow rates,

- c) the missing mass fractions and
d) $\overline{M}_2$, F_2 in x_{22} .

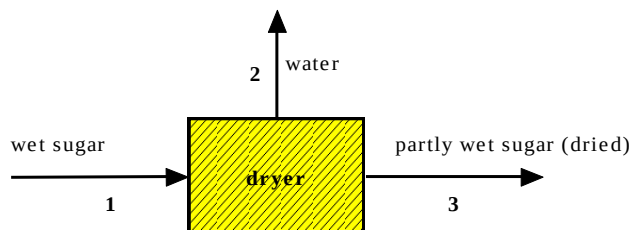
1–methanol
2–water



(Results: a) $N_s = 9$; $N_n = 4$; $N_e = 5$
b) $q_{m,3} = 120$ kg/h;
c) $w_{12} = 0,67$; $w_{21} = 0,916$; $w_{22} = 0,084$; $w_{32} = 0,96$)

Naloga II/22: Material balance of the dryer¹

Wet sugar contains $w = 20$ % of water. This sugar was fed into the dryer where 80 % of water was removed. The mass flow rate of wet sugar is 100 kg/min. Calculate the missing mass flow rates and mass fractions. The simplified process is shown in Figure.

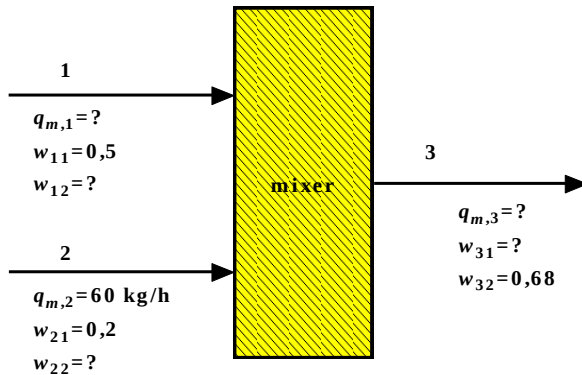


(Result: $w_{31} = 0,95$)

Naloga II/23: Material balance of the mixer for the benzene/toluene mixture

Solve the material balance of the mixer, which is shown in Figure. Write down the equations for the material balance and calculate:

- N_s, N_n, N_e ,
- the missing mass flows rates,
- the missing mass fractions and
- $\overline{M}_2, F_2$ in x_{22} .

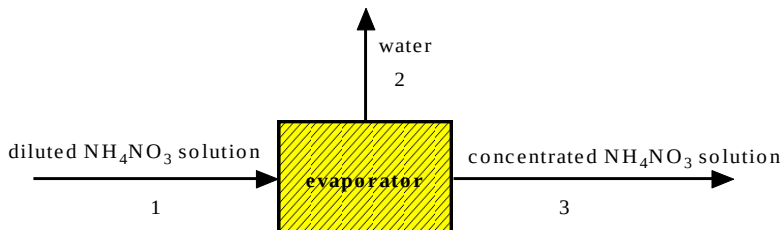


- (Results: a) $N_s = 9; N_n = 4; N_e = 5$
 b) $q_{m,1} = 40 \text{ kg/h}; q_{m,3} = 100 \text{ kg/h};$
 c) $w_{12} = 0,5; w_{22} = 0,8; w_{31} = 0,32$)

Naloga II/24: Material balance of the evaporator

Calculate:

- how much water should evaporate from 12 % NH_4NO_3 solution to obtain 65 % solution of NH_4NO_3 . The fractions are on a weight basis. The inlet mass flow rate (q_m) is 1000 kg/h. Write down the equations for the material balance and define:
- N_s, N_n in N_e and
- the outlet mass flow rate of concentrated NH_4NO_3 solution.



- (Results: a) $q_{m,2} = 815 \text{ kg/h}$
 b) $N_s = 8; N_n = 4; N_e = 4$
 c) $q_{m,3} = 184,6 \text{ kg/h}$)

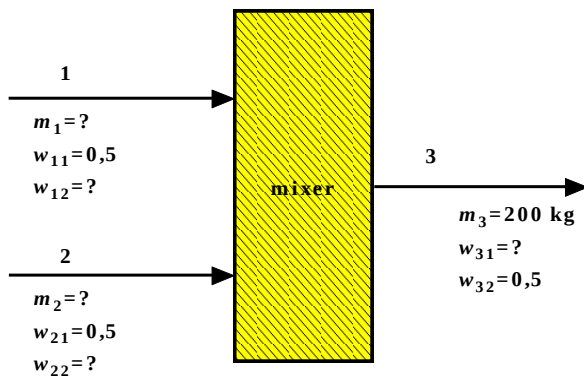
Naloga II/25: Material balance of the mixer for the water/H₂SO₄ mixture

Solve the material balance of the mixer, which is shown in Figure. Write down the equations for the material balance and calculate:

- a) N_s, N_n, N_e ,
- b) the missing mass flows rates,
- c) the missing mass fractions and
- d) $\overline{M}_2, F_2$ in x_{22} .

1–water

2– H₂SO₄



(Results: a) $N_s = 9; N_n = 4; N_e = 5$
b) $m_1 = 100 \text{ kg}; m_2 = 100 \text{ kg};$
c) $w_{12} = 0,5; w_{22} = 0,5; w_{31} = 0,5)$

III. Poglavje: Masne bilance sistemov procesnih enot brez kemijske reakcije

Naloga III/1: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes metanol/voda

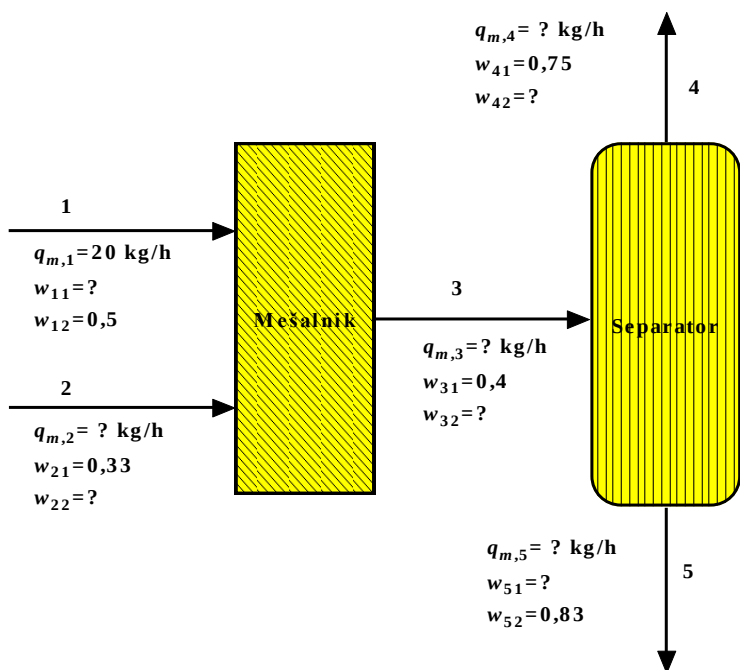
Rešite masno bilanco **mešalnika** in **separatorja** prikazana na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s, N_n, N_e ,
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže,
- $\overline{M}_1, F_1$ in x_{12} .

Rezultate prikažite v preglednici ter preverite masno bilanco celotnega procesa.

1–metanol

2–voda



(Rezultat: a) $N_s = 15$; $N_n = 6$; $N_e = 9$

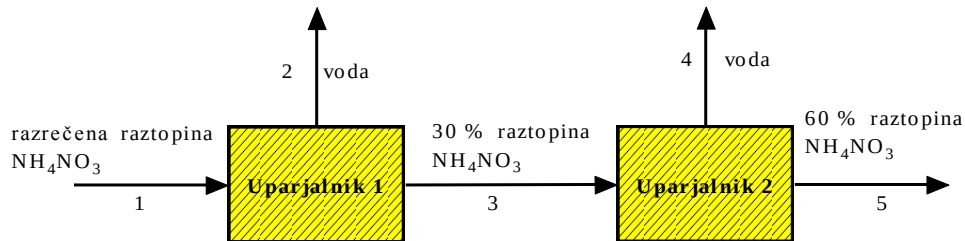
b) $q_{m,2} = 30 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 50 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 20 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 30 \text{ kg/h}$

c) $w_{11} = 0,5$; $w_{22} = 0,67$; $w_{32} = 0,60$; $w_{42} = 0,25$ $w_{51} = 0,167$)

Naloga III/2: Izračun masne bilance dvostopenjskega uparjalnika za NH_4NO_3

a) Izračunajte koliko vode moramo upariti v prvem in drugem uparjalniku, če želimo iz 12 % raztopine NH_4NO_3 dobiti 30 % raztopino NH_4NO_3 po prvem uparevanju in 60 % po drugem uparevanju. Deleži so na masni osnovi. Vtok razredčene raztopine je $q_m = 1000 \text{ kg/h}$.

b) Postavite enačbe za masno bilanco in določite, koliko znaša pretok koncentrirane raztopine NH_4NO_3 v toku 3 in 5.



(Rezultat: a) $q_{m,2} = 600 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 200 \text{ kg/h}$

b) $q_{m,3} = 400 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 200 \text{ kg/h}$)

Naloga III/3: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes benzen/toluen

Rešite masno bilanco **mešalnika** in **separatorja** prikazana na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

a) N_s , N_n , N_e ,

b) manjkajoče masne tokove,

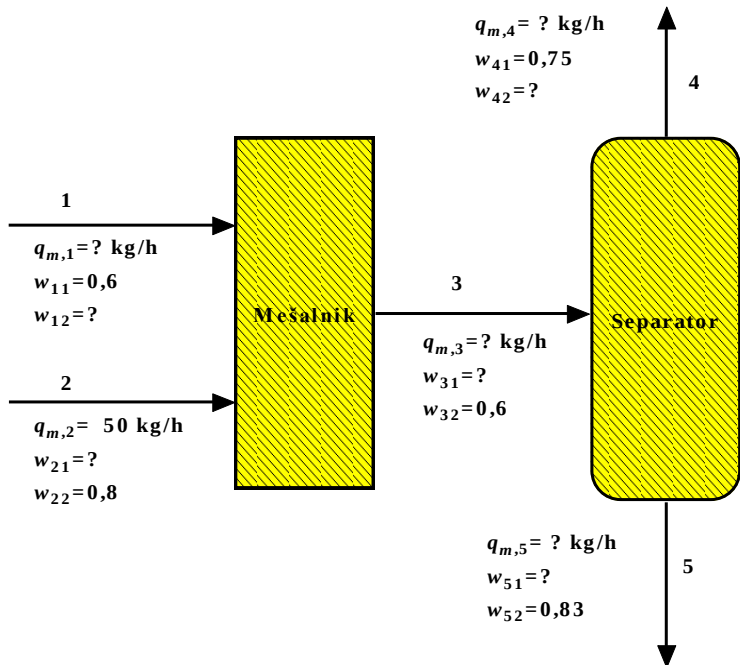
c) manjkajoče masne deleže,

d) $\overline{M}_1$, F_1 in x_{12} .

Rezultate prikažite v preglednici ter preverite masno bilanco celotnega procesa.

1–benzen

2–toluen



(Rezultat: a) $N_s = 15$; $N_n = 6$; $N_e = 9$

b) $q_{m,1} = 50 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 100 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 40 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 60 \text{ kg/h}$

c) $w_{12} = 0,4$; $w_{21} = 0,2$; $w_{31} = 0,4$; $w_{42} = 0,25$ $w_{51} = 0,17$)

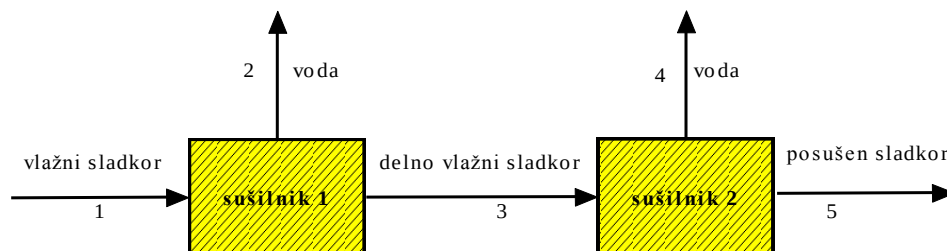
Naloga III/4: Izračun masne bilance dvostopenjskega sušilnika

Vlažni sladkor vsebuje $w = 20 \%$ vode. Takšen sladkor vodimo v prvi sušilnik v katerem odstranimo $w = 35 \%$ vode, v drugem sušilniku $w = 40 \%$ vode. Če vsako minuto vteka v prvi sušilnik 100 kg vlažnega sladkorja, določite masni delež sladkorja na iztoku vsakega sušilnika! Preverite masno bilanco sistema!

Poenostavljen proces prikazuje slika.

1–sladkor

2–voda



(Rezultat: $w_{31} = 0,86$; $w_{51} = 0,91$)

Naloga III/5: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes DME/metanol

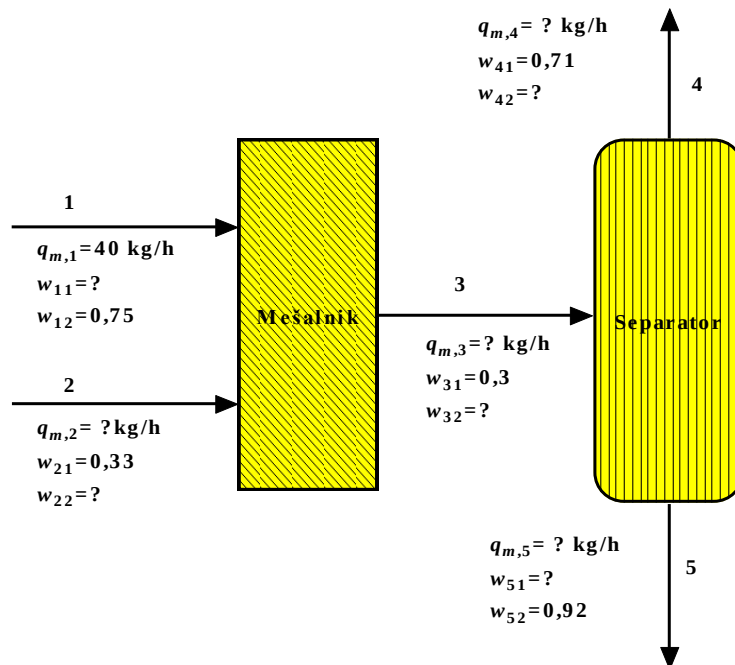
Rešite masno bilanco **mešalnika** in **separatorja** prikazana na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s, N_n, N_e ,
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže,
- $\overline{M}_1, F_1$ in x_{12} .

Rezultate prikažite v preglednici ter preverite masno bilanco celotnega procesa.

1–DME

2–metanol



(Rezultat: a) $N_s = 15$; $N_n = 6$; $N_e = 9$

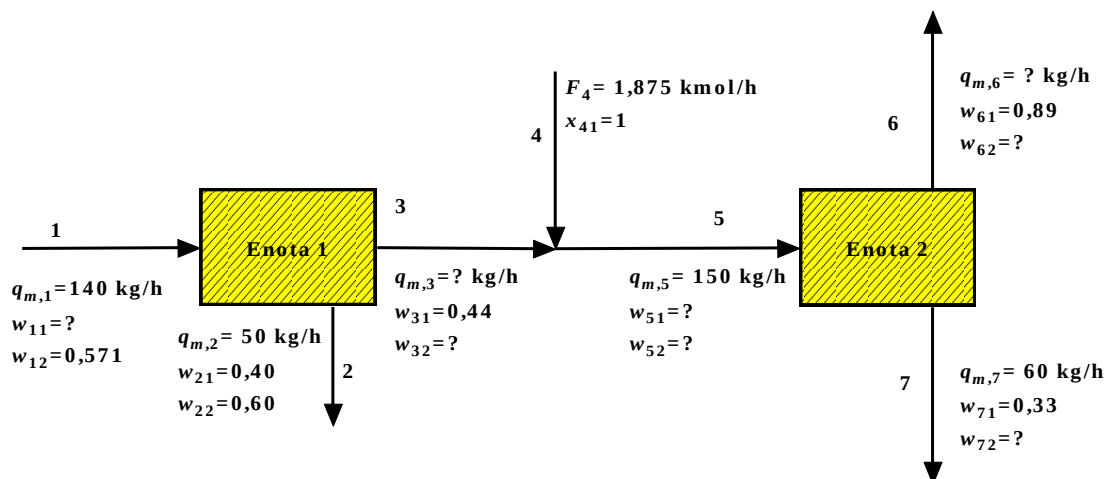
b) $q_{m,2} = 60$ kg/h; $q_{m,3} = 100$ kg/h; $q_{m,4} = 35$ kg/h; $q_{m,5} = 65$ kg/h

c) $w_{11} = 0,25$; $w_{22} = 0,67$; $w_{31} = 0,7$; $w_{42} = 0,29$ $w_{51} = 0,08$)

Naloga III/6: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo DME

Izračunajte masno bilanco procesa, prikazanega na sliki. Določite N_s , N_n in N_e ter vse neznane tokove in sestave! Preverite masno bilanco procesa!

1– DME
2– metanol



(Rezultat: $N_s = 20$; $N_n = 12$; $N_e = 8$)

$q_{m,3} = 90 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 60 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 150 \text{ kg/h}$; $q_{m,6} = 90 \text{ kg/h}$;

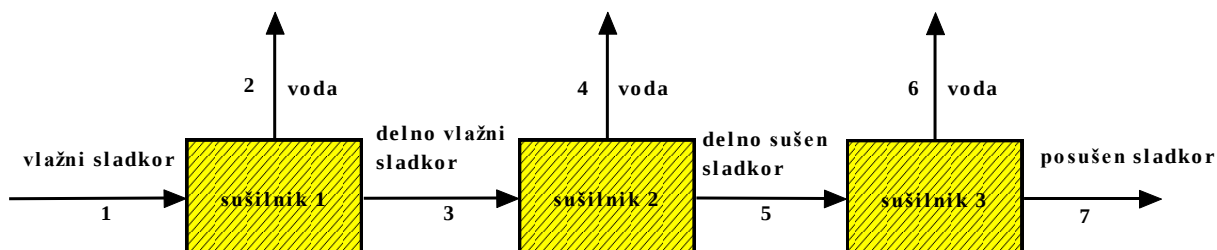
$w_{11} = 0,429$; $w_{32} = 0,56$; $w_{51} = 0,667$; $w_{52} = 0,333$; $w_{62} = 0,11$; $w_{72} = 0,667$)

Naloga III/7: Izračun masne bilance trostopenjskega sušilnika

Vlažni sladkor vsebuje $w = 20 \%$ vode. Takšen sladkor vodimo v prvi sušilnik v katerem odstranimo $w = 25 \%$ vode, v drugem sušilniku $w = 30 \%$ vode in v tretjem sušilniku $w = 25 \%$ vode. Če vsako minuto vteka v prvi sušilnik 100 kg vlažnega sladkorja, določite masni delež sladkorja na iztoku vsakega sušilnika! Preverite masno bilanco sistema!

Poenostavljen proces prikazuje slika.

1–sladkor
2–voda



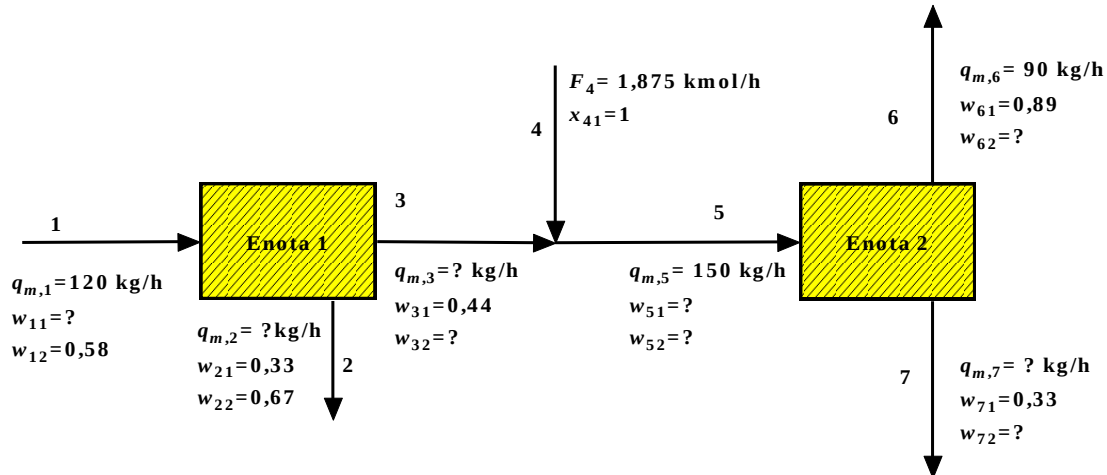
(Rezultat: $w_{31} = 0,84$; $w_{51} = 0,88$; $w_{71} = 0,91$)

Naloga III/8: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo metanola

Izračunajte masno bilanco procesa, prikazanega na sliki. Določite N_s , N_n in N_e ter vse neznane tokove in sestave! Preverite masno bilanco procesa!

1–metanol

2–voda



(Rezultat: $N_s = 20$; $N_n = 11$; $N_e = 9$

$q_{m,2} = 30$ kg/h; $q_{m,3} = 90$ kg/h; $q_{m,4} = 60$ kg/h; $q_{m,7} = 60$ kg/h

$w_{11} = 0,42$; $w_{32} = 0,56$; $w_{51} = 0,667$; $w_{52} = 0,333$; $w_{62} = 0,11$; $w_{72} = 0,667$)

Naloga III/9: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za zmes dušik/amoniak

Rešite masno bilanco **mešalnika** in **separatorja** prikazana na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

a) N_s , N_n , N_e ,

b) manjkajoče masne tokove,

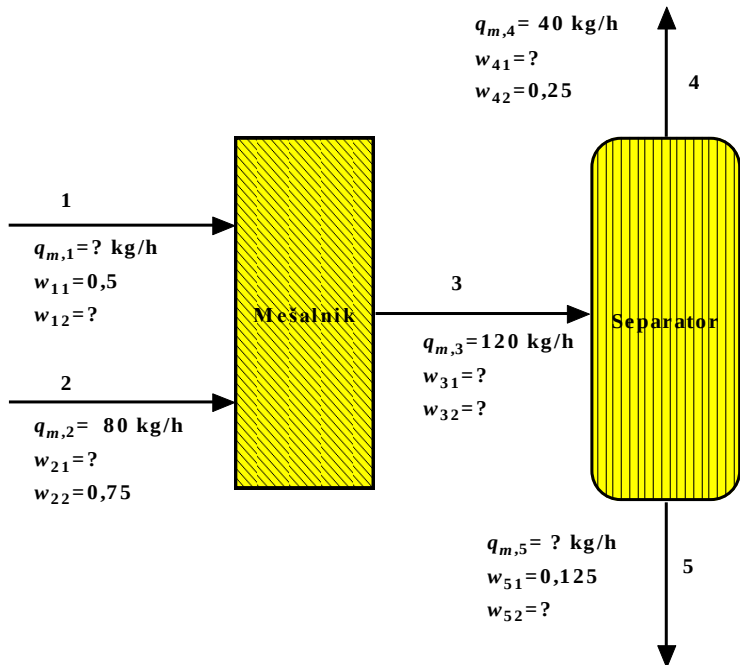
c) manjkajoče masne deleže,

d) $\overline{M}_1$, F_1 in x_{12} .

Rezultate prikažite v preglednici ter preverite masno bilanco celotnega procesa.

1–dušik

2–amoniak



(Rezultat: a) $N_s = 15$; $N_n = 7$; $N_e = 8$

b) $q_{m,1} = 40$ kg/h; $q_{m,3} = 120$ kg/h; $q_{m,5} = 80$ kg/h

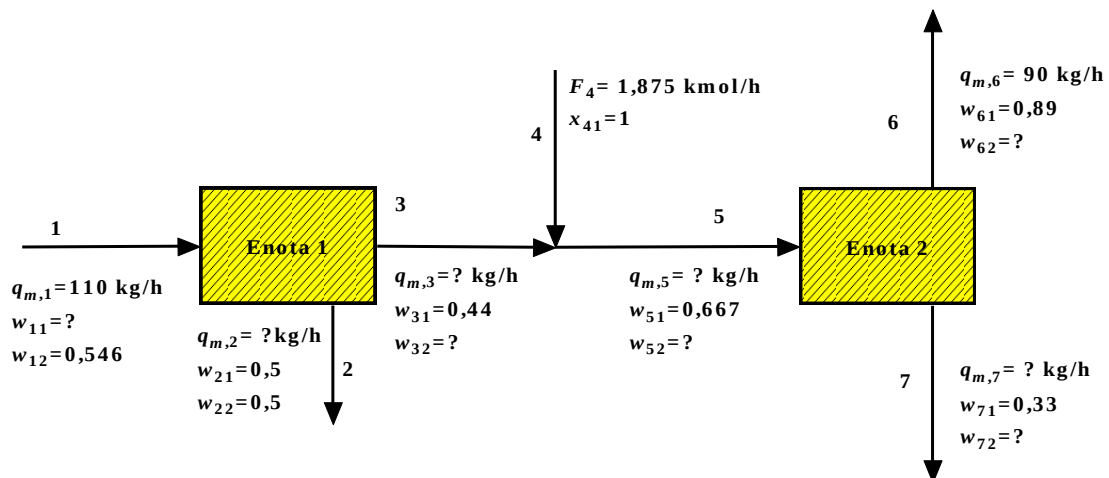
c) $w_{12} = 0,5$; $w_{21} = 0,25$; $w_{31} = 0,33$; $w_{32} = 0,67$; $w_{41} = 0,75$; $w_{52} = 0,875$)

Naloga III/10: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo acetona

Izračunajte masno bilanco procesa, prikazanega na sliki. Določite N_s , N_n in N_e ter vse neznane tokove in sestave! Preverite masno bilanco procesa!

1—acetone

2—ocetna kislina



(Rezultat: $N_s = 20$; $N_n = 11$; $N_e = 9$)

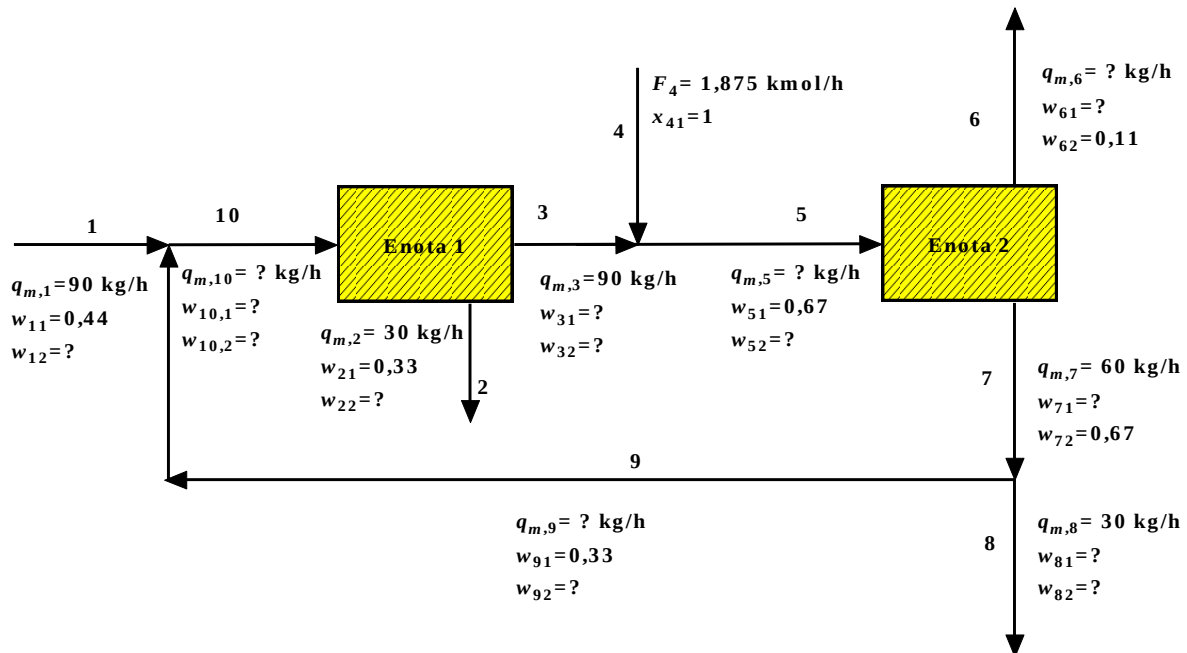
$q_{m,2} = 20 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 90 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 60 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 150 \text{ kg/h}$; $q_{m,7} = 60 \text{ kg/h}$
 $w_{11} = 0,454$; $w_{32} = 0,56$; $w_{52} = 0,333$; $w_{62} = 0,11$; $w_{72} = 0,667$)

Naloga III/11: Masna bilanca sistema procesnih enot za proizvodnjo metanola z delnim obtokom destilacijskega ostanka

Izračunajte masno bilanco procesa, prikazanega na sliki. Določite N_s , N_n in N_e ter vse neznane tokove in sestave! Preverite masno bilanco procesa!

1–metanol

2–voda



(Rezultat: $N_s = 29$; $N_n = 13$; $N_e = 16$)

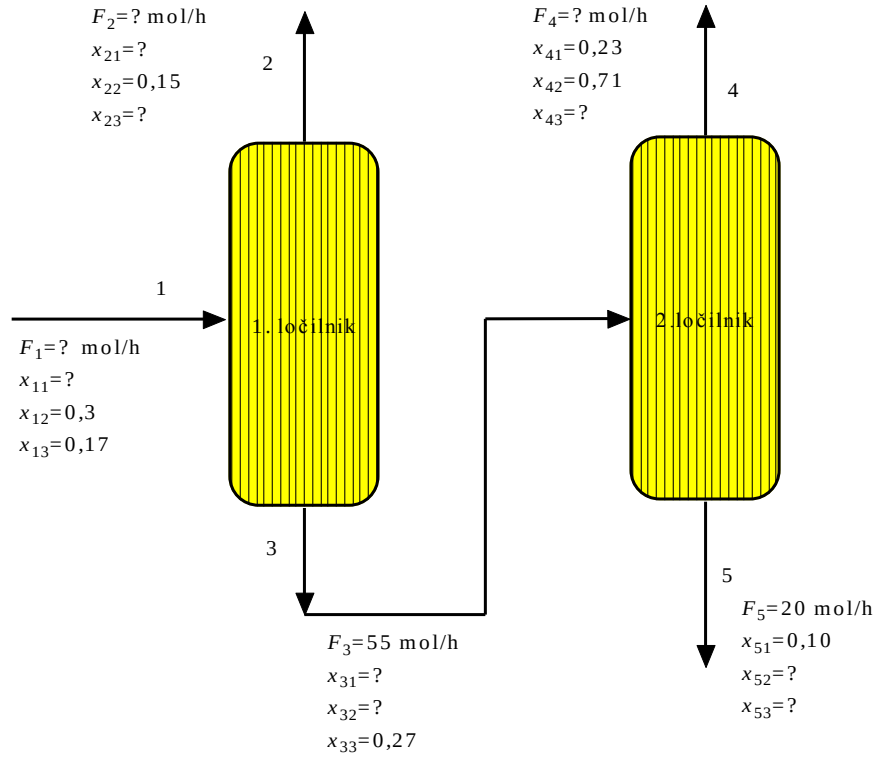
$q_{m,4} = 60 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 150 \text{ kg/h}$; $q_{m,6} = 90 \text{ kg/h}$; $q_{m,9} = 30 \text{ kg/h}$; $q_{m,10} = 120 \text{ kg/h}$
 $w_{12} = 0,555$; $w_{22} = 0,67$; $w_{31} = 0,44$; $w_{32} = 0,56$; $w_{52} = 0,333$; $w_{61} = 0,89$; $w_{71} = 0,33$;
 $w_{81} = 0,33$; $w_{82} = 0,67$; $w_{92} = 0,67$; $w_{10,1} = 0,42$; $w_{10,2} = 0,58$)

Naloga III/12: Izračun masne bilance sistema dveh ločilnikov

Rešite masno bilanco **sistema dveh ločilnikov**, ki je prikazan na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s , N_n , N_e .
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže.

benzol – 1
toluol – 2
ksilol – 3



(Rezultat: $N_s = 20$; $N_n = 9$; $N_e = 11$

$F_1 = 120 \text{ mol/h}$; $F_2 = 65 \text{ mol/h}$; $F_4 = 35 \text{ mol/h}$;

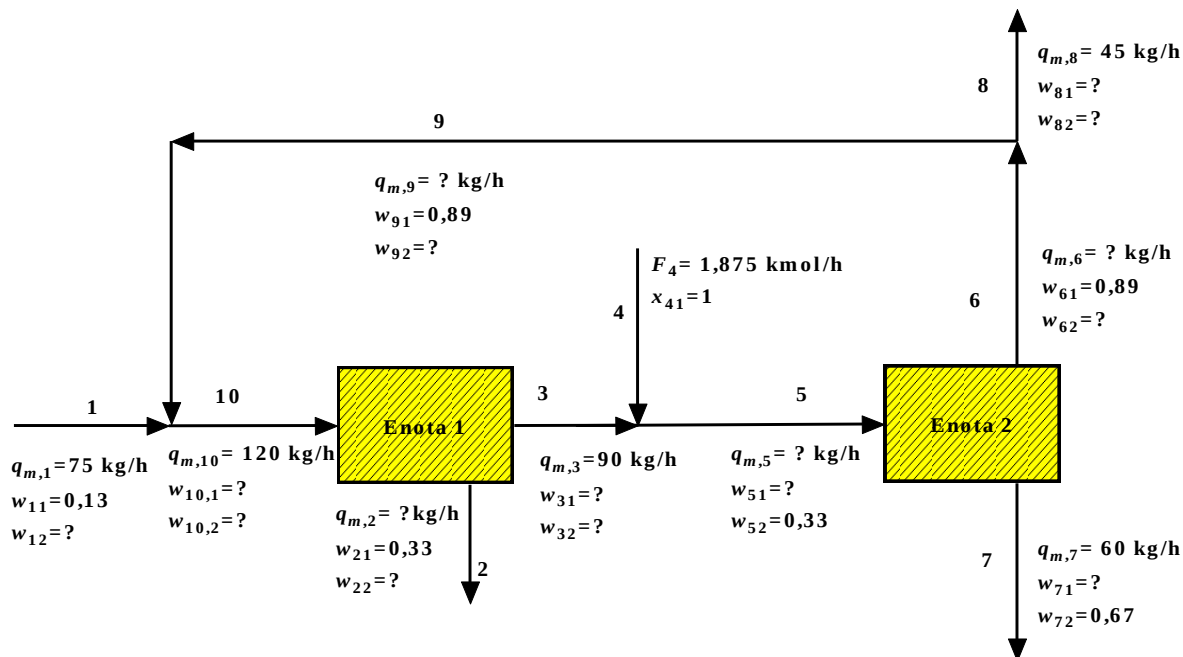
$x_{11} = 0,5$; $x_{21} = 0,77$; $x_{23} = 0,08$; $x_{31} = 0,18$; $x_{32} = 0,55$; $x_{43} = 0,06$; $x_{52} = 0,25$; $x_{53} = 0,65$)

Naloga III/13: Izračun masne bilance sistema procesnih enot za proizvodnjo amoniaka z obtokom

Izračunajte masno bilanco procesa, prikazanega na sliki. Določite N_s , N_n in N_e ter vse neznane tokove in sestave! Preverite masno bilanco procesa!

1–dušik

2–amoniak



(Rezultat: $N_s = 29$; $N_n = 13$; $N_e = 16$)

$q_{m,2} = 30 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 60 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 150 \text{ kg/h}$; $q_{m,6} = 90 \text{ kg/h}$; $q_{m,9} = 45 \text{ kg/h}$;
 $q_{m,10} = 120 \text{ kg/h}$

$w_{12} = 0,87$; $w_{22} = 0,67$; $w_{31} = 0,44$; $w_{32} = 0,56$; $w_{51} = 0,67$; $w_{62} = 0,11$; $w_{71} = 0,33$;
 $w_{81} = 0,89$; $w_{82} = 0,11$; $w_{92} = 0,11$; $w_{10,1} = 0,42$; $w_{10,2} = 0,58$)

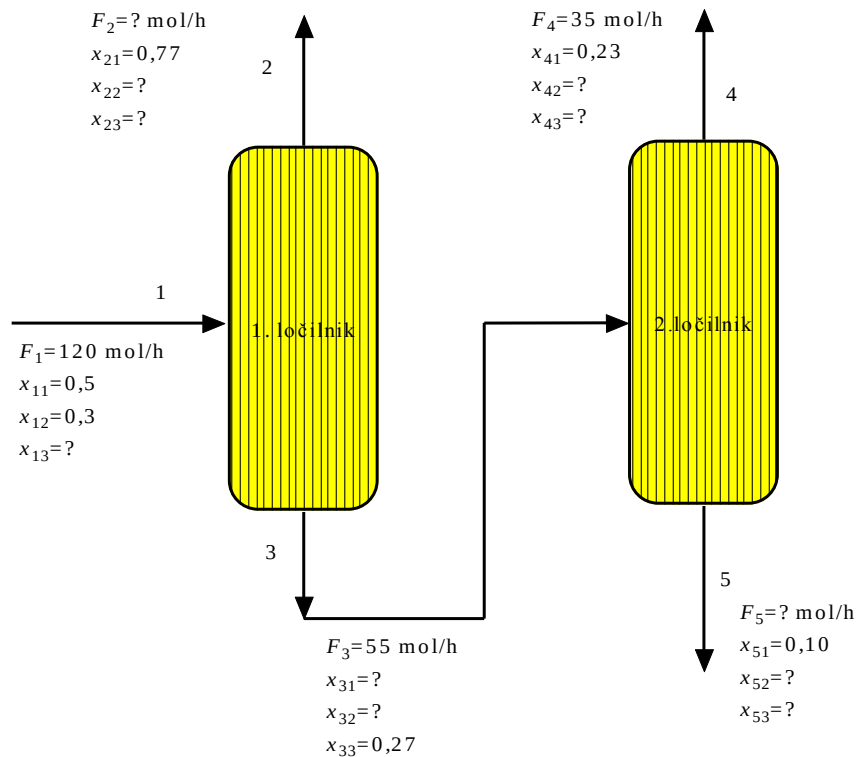
Naloga III/14: Izračun masne bilance sistema procesnih enot trikomponentne zmesi

Rešite masno bilanco **sistema dveh ločilnikov**, ki je prikazan na sliki. Označite vse možne bilančne meje, zapišite enačbe za masno bilanco ter izračunajte:

- N_s , N_n , N_e .
- manjkajoče masne tokove,
- manjkajoče masne deleže.

Rezultate prikažite v preglednici ter preverite masno bilanco celotnega procesa.

metanol – 1
voda – 2
butanol – 3



(Rezultat: $N_s = 20$; $N_n = 9$; $N_e = 11$

$F_2 = 65 \text{ mol/h}$; $F_5 = 20 \text{ mol/h}$;

$x_{13} = 0,17$; $x_{22} = 0,15$; $x_{23} = 0,08$; $x_{31} = 0,18$; $x_{32} = 0,55$; $x_{42} = 0,71$; $x_{43} = 0,06$;

$x_{52} = 0,25$; $x_{53} = 0,65$)

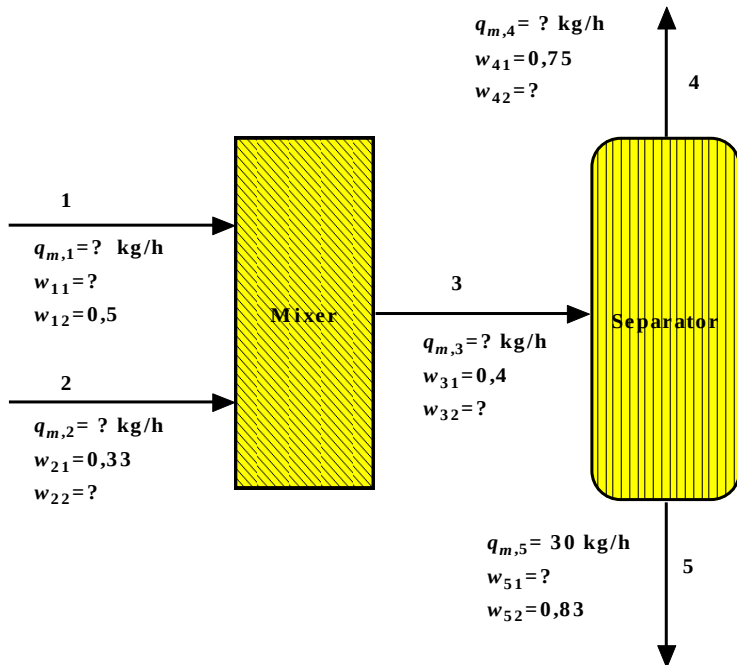
Naloga III/15: Material balance of the system for benzene/toluene mixture

Solve the mass balance of the **mixer** and **separator**, which is shown in Figure. Write down the equations for the mass balance and calculate:

- N_s , N_n , N_e ,
- the missing mass flow rates,
- the missing mass fractions,
- $\overline{M}_2$, F_2 in x_{22} .

1–benzene

2–toluene



(Results: a) $N_s = 15$; $N_n = 6$; $N_e = 9$

b) $q_{m,1} = 20 \text{ kg/h}$; $q_{m,2} = 30 \text{ kg/h}$; $q_{m,3} = 50 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 20 \text{ kg/h}$

c) $w_{11} = 0,5$; $w_{22} = 0,67$; $w_{32} = 0,60$; $w_{42} = 0,25$; $w_{51} = 0,167$

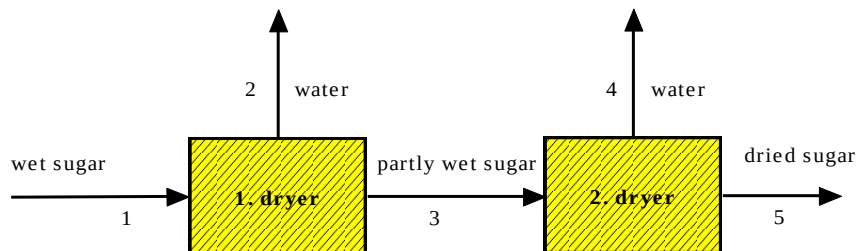
d) $\overline{M}_2 = 87$; $F_2 = 0,34$; $x_{22} = 0,63$

Naloga III/16: Material balance of the two-stage dryer

Wet sugar contains $w = 20 \%$ of water. This sugar was fed into the first dryer where 30% of water was removed and in the second $w = 35 \%$. The mass flow rate of wet sugar is 100 kg/min . Calculate the missing mass flow rates and mass fractions after each dryer. The simplified process is shown in Figure.

1–sugar

2–water



(Results: $w_{31} = 0,85$; $w_{51} = 0,89$)

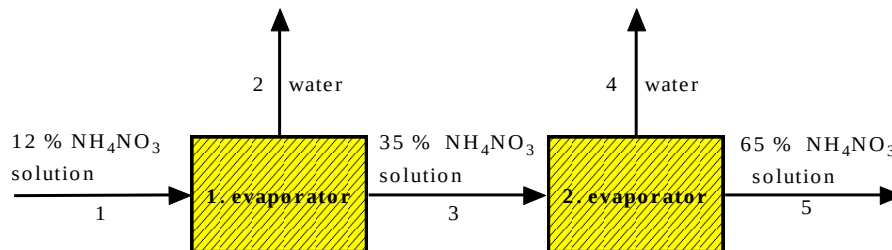
Naloga III/17: Material balance in the two-stage evaporator

Calculate:

a) how much water should evaporate from the first and second evaporator, if desired from 12 % NH_4NO_3 solution to obtain 35 % solution of NH_4NO_3 after first evaporator and 65 % after second evaporator. The fractions are on a weight basis. The inlet mass flow rate (q_m) in the first evaporator is 1000 kg/h.

Write down the equations for the mass balance and define:

b) the outlet mass flow rate of NH_4NO_3 solution after the first and second evaporator.



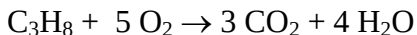
(Results: a) $q_{m,2} = 657 \text{ kg/h}$; $q_{m,4} = 158 \text{ kg/h}$

b) $q_{m,3} = 343 \text{ kg/h}$; $q_{m,5} = 185 \text{ kg/h}$)

IV. Poglavje: Masne bilance za kemijske reaktorje

Naloga IV/1: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propana

Ogljikovodik propan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



1... C_3H_8

2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok propana na vtoku je, $F_{11} = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_{12} = 250 \text{ mol/h}$.
Hitrost presnove je $\omega = 50 \text{ mol/h}$.

Izračunajte:

- a) množinske tokove na iztoku ($F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}$) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- b) celotni iztok,
- c) stopnjo presnove obeh reaktantov in na koncu
- d) preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 0 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 150 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 200 \text{ mol/h}$

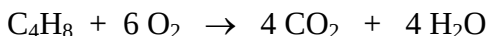
b) $F_2 = 400 \text{ mol/h}$

c) $X_1 = 50 \%$; $X_2 = 100 \%$

d) $q_{m1} = q_{m2} = 12400$)

Naloga IV/2: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butena

Buten zgoreva po naslednji reakciji:



1... C_4H_8

2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

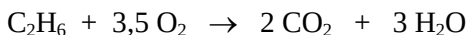
V reaktor vteka 100 mol/h C_4H_8 , zreagira ga samo 50 %.

- a) Kakšna je hitrost presnove?
- b) Kakšna je hitrost nastajanja vode in CO_2 ?
- c) Koliko butena izteka iz reaktorja?

(Rezultat: a) $w = 50$ mol/h
b) $dn_4/dt = 200$ mol/h; $dn_3/dt = 200$ mol/h;
c) $F_{21} = 50$ mol/h)

Naloga IV/3: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etana z znano stopnjo presnove

Ogljikovodik etan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... C_2H_6
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok etana na vtoku v reaktor je 100 mol/h in kisika 200 mol/h. Stopnja presnove metana je $X = 40$ %. Izračunajte masno bilanco reaktorja. Enačbe masne bilance in izračun izvedite na osnovi **kemijskih elementov**.

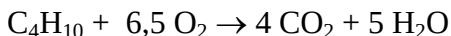
Kot rezultat podajte:

- a) množinske tokove komponent na iztoku reaktorja,
- b) celotni iztok reaktorja,
- c) sestavo vtoka in iztoka v množinskih deležih.

(Rezultat: a) $F_{21} = 60$ mol/h; $F_{22} = 60$ mol/h; $F_{23} = 80$ mol/h; $F_{24} = 120$ mol/h
b) $F_2 = 320$ mol/h)

Naloga IV/4: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butana

Ogljikovodik butan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... C_4H_{10}
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok butana na vtoku je, $F_{11} = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_{12} = 350 \text{ mol/h}$.
Hitrost presnove je $\omega = 50 \text{ mol/h}$.

Izračunajte:

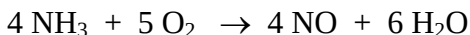
- a) množinske tokove na iztoku ($F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}$) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- b) celotni iztok,
- c) stopnjo presnove obeh reaktantov.

Na koncu preverite masno bilanco reaktorja.

(**Rezultat:** a) $F_{21} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 25 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 200 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 250 \text{ mol/h}$
 b) $F_2 = 525 \text{ mol/h}$
 c) $X_1 = 50 \%$; $X_2 = 92,8 \%$)

Naloga IV/5: Masna bilanca reaktorja pridobivanja dušikove kisline

Moderni proces pridobivanja dušikove kisline je osnovan na oksidaciji amonijaka po Haberjevi reakciji. Prva stopnja oksidacijskega procesa je reakcija med NH_3 in O_2 v prisotnosti Pt kot katalizatorja. V tej fazi proizvedemo NO. Reakcija je naslednja:



- 1... NH_3
- 2.... O_2
- 3....NO
- 4.... H_2O

Predpostavimo, da dosežemo 80 % stopnjo presnove ključne komponente (kisika), če pomešamo enaka množinska tokova NH_3 in O_2 pri čemer znaša celotni vtok 100 mol/h. Masno bilanco postavite na osnovi **kemijskih komponent**. Narišite shemo procesa ter izračunajte:

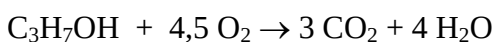
- a) množinske tokove komponent v produktu,
- b) izhodno sestavo,

c) stopnjo presnove NH_3 .

(Rezultat: a) $F_{21} = 18 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 10 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 32 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 48 \text{ mol/h}$
b) $F_2 = 108 \text{ mol/h}$
c) $X_1 = 64 \%$)

Naloga IV/6: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propanola

Popanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok propanola na vtoku je, $F_{11} = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_{12} = 250 \text{ mol/h}$.
Hitrost presnove je $\omega = 50 \text{ mol/h}$.

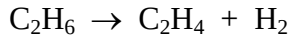
Izračunajte:

- a) množinske tokove na iztoku (F_{21} , F_{22} , F_{23} , F_{24}) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
 - b) celotni iztok,
 - c) stopnjo presnove obeh reaktantov.
- Na koncu preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 25 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 150 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 200 \text{ mol/h}$
b) $F_2 = 425 \text{ mol/h}$
c) $X_1 = 50 \%$; $X_2 = 90 \%$)

Naloga IV/7: Masna bilanca reaktorja dehidrogenacije etana

Procesna shema prikazuje dehidrogenacijo etana v stacionarnem stanju. Reakcija je naslednja:

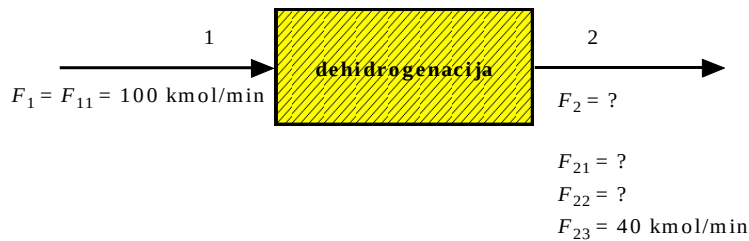


1... C_2H_6

2.... C_2H_4

3.... H_2

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Pretok etana v reaktor znaša 100 kmol/min, pretok vodika na iztoku je 40 kmol/min.

a) Izračunajte množinski pretok etana in etena na iztoku.

b) Izračunajte celotni iztok, F_2 , reaktorja.

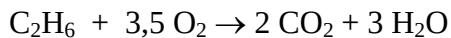
Enačbe masne bilance postavite na osnovi **prisotnih elementov!**

(**Rezultat:** a) $F_{21} = 60$ kmol/min, $F_{22} = 40$ kmol/min

b) $F_2 = 140$ kmol/min)

Naloga IV/8: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etana

Ogljikovodik etan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



1... C_2H_6

2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok etana na vtoku je, $F_{11} = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_{12} = 210 \text{ mol/h}$.
Hitrost presnove je $\omega = 60 \text{ mol/h}$.

Izračunajte:

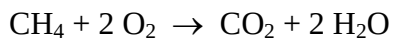
- množinske tokove na iztoku ($F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}$) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- celotni iztok,
- stopnjo presnove obeh reaktantov.

Na koncu preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 40 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 0 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 120 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 180 \text{ mol/h}$
b) $F_2 = 340 \text{ mol/h}$
c) $X_1 = 60 \%$; $X_2 = 100 \%$)

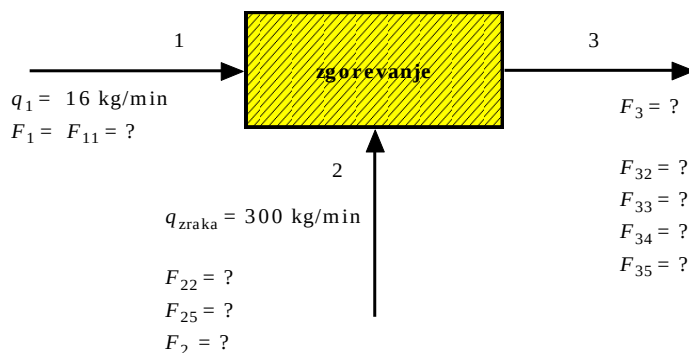
Naloga IV/9: Masna bilanca zgorevanja metana v komori

Metan zgoreva po naslednji reakciji:



- 1... CH_4
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O
- 5.... N_2

Podrobni podatki in zahteve so razvidni iz procesne sheme:



Predpostavimo popolno zgorevanje. V gorilnik dovajamo metan in zrak. Pretok metana je 16 kg/min in zraka 300 kg/min . Sestava zraka je $x = 21 \%$ O_2 in $x = 79 \%$ N_2 ($\bar{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$).

Izračunajte:

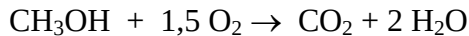
- a) pretoke komponent v produktu ter celotni pretok,
- b) stopnjo presnove O_2 ,
- c) pretoke komponent v toku 2 in 1.

Pri izračunavanju spremenljivk uporabite **poenostavljen model** za masne bilance.

(**Rezultat:** a) $F_{31} = 0$ kmol/min; $F_{32} = 0,17$ kmol/min; $F_{33} = 1$ kmol/min;
 $F_{34} = 2$ kmol/min; $F_{35} = 8,17$ kmol/min; $F_3 = 11,34$ kmol/min
b) $X_2 = 92\%$
c) $F_{22} = 2,17$ kmol/min; $F_{25} = 8,17$ kmol/min; $F_2 = 10,34$ kmol/min;
 $F_1 = 1$ kmol/min = F_{11})

Naloga IV/10: Masna bilanca reaktorja zgorevanja metanola

Metanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... CH_3OH
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok metanola na vtoku je, $F_{11} = 100$ mol/h in kisika, $F_{12} = 100$ mol/h.
Hitrost presnove je $\omega = 55$ mol/h.

Izračunajte:

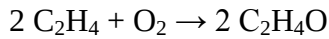
- a) množinske tokove na iztoku (F_{21} , F_{22} , F_{23} , F_{24}) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- b) celotni iztok,
- c) stopnjo presnove obeh reaktantov.

Na koncu preverite masno bilanco reaktorja.

(**Rezultat:** a) $F_{21} = 45$ mol/h; $F_{22} = 17,5$ mol/h; $F_{23} = 55$ mol/h; $F_{24} = 110$ mol/h
b) $F_2 = 227,5$ mol/h
c) $X_1 = 55\%$; $X_2 = 82,5\%$)

Naloga IV/11: Masna bilanca reaktorja oksidacije etena

Z oksidacijo etena proizvajamo etenoksid po naslednji reakciji:



- 1... C_2H_4
- 2.... O_2
- 3.... $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

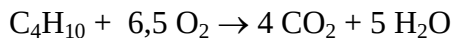
Vtok v reaktor je 200 kmol/h etena in 200 kmol/h kisika. Predpostavimo, da reakcija poteče do konca. Določite:

- a) Kateri reaktant je ključni reaktant!
- b) Kakšen je delež prebitnega reaktanta?
- c) Kakšna je stopnja presnove prebitnega reaktanta?
- d) Določite sestavo produkta!

(Rezultat: a) eten
b) 0,5
c) $X_2 = 50 \%$
d) $F_{21} = 0 \text{ kmol/h}$; $F_{22} = 100 \text{ kmol/h}$; $F_{23} = 200 \text{ kmol/h}$)

Naloga IV/12: Izračun prebitnega zraka¹

100 mol/h butana in 5000 mol/h zraka vteka v reaktor, v katerem poteka naslednja reakcija:

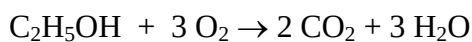


Sestava zraka je $x = 21 \%$ O_2 in $x = 79 \%$ N_2 ($\bar{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$). Izračunajte delež prebitnega zraka.

(Rezultat: $\Delta x_{\text{zrak}} = 0,616$)

Naloga IV/13: Masna bilanca reaktorja zgorevanja etanola

Etanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- 2.... O_2

- 3....CO₂
- 4....H₂O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok etanola na vtoku je, $F_{11} = 100$ mol/h in kisika, $F_{12} = 210$ mol/h. Hitrost presnove je $\omega = 70$ mol/h.

Izračunajte:

- a) množinske tokove na iztoku (F_{21} , F_{22} , F_{23} , F_{24}) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- b) celotni iztok,
- c) stopnjo presnove obeh reaktantov.

Na koncu preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 30$ mol/h; $F_{22} = 0$ mol/h; $F_{23} = 140$ mol/h; $F_{24} = 210$ mol/h
 b) $F_2 = 380$ mol/h
 c) $X_1 = 70$ %; $X_2 = 100$ %)

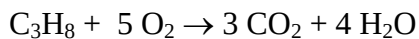
Naloga IV/14: Izračun sestave plina v množinskih deležih¹

Dimni plini vsebujejo: $x_{N_2} = 60$ %, $x_{CO_2} = 15$ %, $x_{O_2} = 10$ % O₂ in preostalo vode. Izračunajte sestavo suhe plinske zmesi v množinskih deležih.

(Rezultat: $x = 70,6$ % N₂, $x = 17,6$ % CO₂, $x = 11,8$ % O₂)

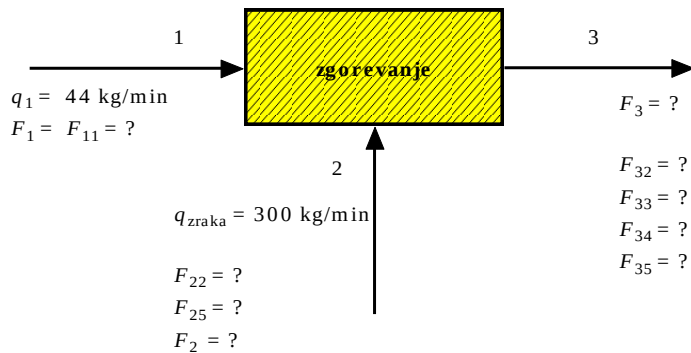
Naloga IV/15: Masna bilanca reaktorja zgorevanja propana

Propan zgoreva po naslednji reakciji:



- 1... C₃H₈
- 2....O₂
- 3....CO₂
- 4....H₂O
- 5....N₂

Predpostavimo popolno zgorevanje. V gorilnik dovajamo propan in zrak. Pretok propana je 44 kg/min in zraka 300 kg/min. Sestava zraka $x = 21\% \text{ O}_2$ in $x = 79\% \text{ N}_2$ ($\bar{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$). Enačbe masne bilance postavite na osnovi prisotnih **kemijskih elementov**. Podrobni podatki so razvidni iz procesne sheme.



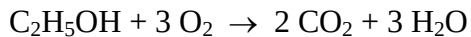
Izračunajte:

- pretoke komponent v produktu ter celotni pretok,
- stopnjo presnove O_2 ,
- pretoke komponent v toku 2 in 1.

(Rezultat: a) $F_{31} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{32} = 0,17 \text{ kmol/min}$; $F_{33} = 3 \text{ kmol/min}$; $F_{34} = 4 \text{ kmol/min}$; $F_{35} = 8,17 \text{ kmol/min}$; $F_3 = 15,34 \text{ kmol/min}$
 b) $X_2 = 92\%$
 c) $F_{22} = 2,17 \text{ kmol/min}$; $F_{25} = 8,17 \text{ kmol/min}$; $F_2 = 10,34 \text{ kmol/min}$; $F_1 = 1 \text{ kmol/min} = F_{11}$)

Naloga IV/16: Masna bilanca zgorevanja etanola v komori

Etanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok etanola na vtoku v reaktor je 100 mol/h in kisika, 200 mol/h. Stopnja presnove metana je $X = 40\%$.

Izračunajte:

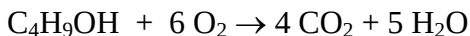
- množinske tokove komponent na iztoku reaktorja na osnovi masne bilance komponent,
- celotni iztok reaktorja,
- hitrost presnove.

Preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 60$ mol/h; $F_{22} = 80$ mol/h; $F_{23} = 80$ mol/h; $F_{24} = 120$ mol/h
 b) $F_2 = 340$ mol/h
 c) $\omega = 40$ mol/h)

Naloga IV/17: Masna bilanca reaktorja zgorevanja butanola

Butanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok butanola na vtoku je, $F_{11} = 100$ mol/h in kisika, $F_{12} = 350$ mol/h. Hitrost presnove je $\omega = 50$ mol/h.

Izračunajte:

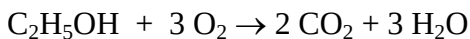
- množinske tokove na iztoku (F_{21} , F_{22} , F_{23} , F_{24}) v mol/h na osnovi masne bilance, ki temelji na kemijskih komponentah,
- celotni iztok,
- stopnjo presnove obeh reaktantov.

Preverite masno bilanco reaktorja.

(Rezultat: a) $F_{21} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 200 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 250 \text{ mol/h}$
 b) $F_2 = 550 \text{ mol/h}$
 c) $X_1 = 50 \%$; $X_2 = 85,7 \%$)

Naloga IV/18: Masna bilanca reaktorja popolnega zgorevanja etanola

Etanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



1... $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

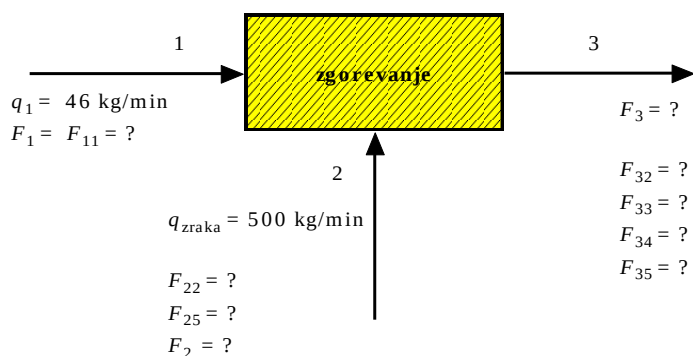
2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

5.... N_2

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Predpostavimo popolno zgorevanje. V gorilnik dovajamo etanol in zrak. Pretok etanola je 46 kg/min in zraka 500 kg/min. Sestava zraka $x = 21 \%$ O_2 in $x = 79 \%$ N_2
 ($\overline{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$) .

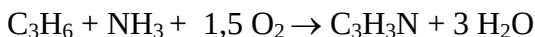
Izračunajte:

- pretoke komponent v produktu ter celotni pretok,
- stopnjo presnove O_2 ,
- pretoke komponent v toku 2 in 1.

(Rezultat: a) $F_{31} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{32} = 0,62 \text{ kmol/min}$; $F_{33} = 2 \text{ kmol/min}$;
 $F_{34} = 3 \text{ kmol/min}$; $F_{35} = 13,62 \text{ kmol/min}$; $F_3 = 19,24 \text{ kmol/min}$
 b) $X_2 = 83 \%$
 c) $F_{22} = 3,62 \text{ kmol/min}$; $F_{25} = 13,62 \text{ kmol/min}$; $F_2 = 17,24 \text{ kmol/min}$;
 $F_1 = 1 \text{ kmol/min} = F_{11}$)

Naloga IV/19: Production of acrylonitrile¹

Acrylonitrile is produced in the reaction of propylene, ammonia and oxygen:



The feed contains $x = 10,0$ % propylene, $x = 12,0$ % ammonia, and $x = 78,0$ % air. A fractional conversion $X = 30,0$ % of the limiting reactant is achieved. Taking 100 mol of feed as a basis.

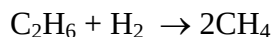
- Determine which reactant is limiting, the percentage by which each of the other reactants is in excess.
- Determine the molar amounts of all product gas constituents for a 30 % conversion of the limiting reactant.

(Results: a) 20 % excess NH_3 ; 9,3 % excess O_2

b) 7,0 mol C_3H_6 ; 9,0 mol NH_3 ; 11,9 mol O_2 ; 3 mol $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$; 9 mol H_2O ;
61,6 mol N_2)

Naloga IV/20: Production of ethane and methane¹

The reactions:



take place in a continuous reactor at steady state. The feed contains $x = 85,0$ % ethane (C_2H_6) and the balance inerts (I). The fractional conversion of ethane is 50,1 %, and of ethylene is 47,1 %. Calculate the molar composition of the product gas.

(Results: 30,3 % C_2H_6 ; 28,6 % C_2H_4 ; 26,7 % H_2 ; 3,7 % CH_4 ; 10,7 % I)

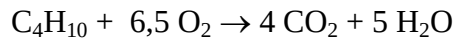
Naloga IV/21: Molar composition of the gas¹

A stack gas contains $x = 65$ % N_2 , $x = 10$ %, CO_2 , $x = 10$ % O_2 and the balance H_2O . Calculate the molar composition of the gas on a dry basis.

(Result: $x = 76$ % N_2 ; $x = 11,7$ % CO_2 ; $x = 11,7$ % O_2)

Naloga IV/22: Production of the gas¹

One hundred mol/h of butane (C₄H₁₀) and 5100 mol/h of air are fed into a combustion reactor:



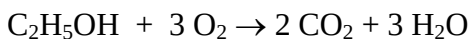
The composition of the air is $x = 21 \%$ O₂ in $x = 79 \%$ N₂ ($\overline{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$). Calculate the percent excess air.

(Result: $\Delta x_{\text{zrak}} = 62,8 \%$ **)**

V. Poglavje: Masne bilance sistemov procesnih enot s kemijsko reakcijo

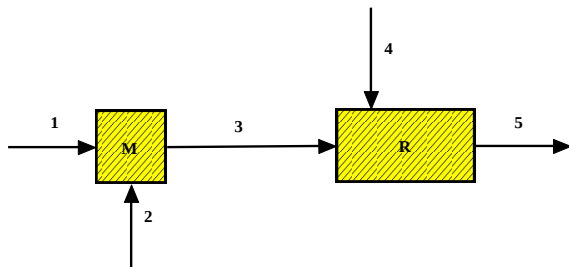
Naloga V/1: Zgorevanje etanola

Čisti etanol in kisik ločeno vtekata v mešalnik (M). Zmes nato vteka v reaktor (R), kjer zgoreva s hitrostjo presnove, $\omega = 50$ mol/h. Reakcija je naslednja:



- 1 ... $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- 2 O_2
- 3 CO_2
- 4 H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:

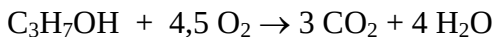


Množinski tok etanola na vtoku v mešalnik, $F_1 = 100$ mol/h in kisika, $F_2 = 200$ mol/h. V reaktor še dodatno vteka čisti kisik, $F_{42} = 10$ mol/h. Izračunajte vse množinske tokove na iztoku reaktorja (F_{51} , F_{52} , F_{53} , F_{54}) v mol/h.

(Rezultat: $F_{51} = 50$ mol/h; $F_{52} = 60$ mol/h; $F_{53} = 100$ mol/h; $F_{54} = 150$ mol/h)

Naloga V/2: Zgorevanje propanola

Popanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

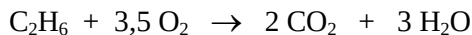
Množinski tok propanola na vtoku je, $F_{11} = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_{12} = 250 \text{ mol/h}$. Hitrost presnove je $\omega = 50 \text{ mol/h}$. Za reaktorjem je še parcialni kondenzator, kjer se v toku 3 odstrani 96 % nastale vode. Ostala voda in plini izstopajo v iztoku 4.

Narišite shemo procesa ter izračunajte vse množinski pretoke. Preverite masno bilanco celotnega procesa.

(Rezultat a): $F_{21} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 25 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 150 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 200 \text{ mol/h}$
 $F_{31} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{32} = 25 \text{ mol/h}$; $F_{33} = 150 \text{ mol/h}$; $F_{34} = 8 \text{ mol/h}$;
 $F_{44} = 192 \text{ mol/h}$)

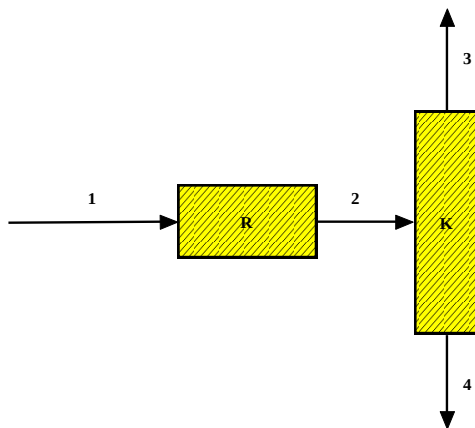
Naloga V/3: Zgorevanje etana z znano stopnjo presnove

Ogljikovodik etan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... C_2H_6
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok etana na vtoku v reaktor (R) je 100 mol/h in kisika 200 mol/h (tok 1). Stopnja presnove metana je $X = 40 \%$. Izračunajte množinsko bilanco reaktorja in parcialnega kondenzatorja (K), kjer se v tekoči fazi odstrani 95 % nastale vode (tok 4). Ostala voda in plini izstopajo v plinskem iztoku (tok 3).

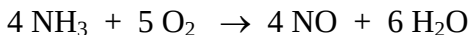
Kot rezultat podajte:

- a) množinske tokove komponent na iztoku reaktorja in kondenzatorja,
 b) celotni iztok reaktorja in oba iztoka kondenzatorja.

(Rezultat a): $F_{21} = 60 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 60 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 80 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 120 \text{ mol/h}$
 $F_{31} = 60 \text{ mol/h}$; $F_{32} = 60 \text{ mol/h}$; $F_{33} = 80 \text{ mol/h}$; $F_{34} = 6 \text{ mol/h}$;
 $F_{44} = 114 \text{ mol/h}$
 b) $F_2 = 320 \text{ mol/h}$; $F_3 = 206 \text{ mol/h}$; $F_4 = 114 \text{ mol/h}$)

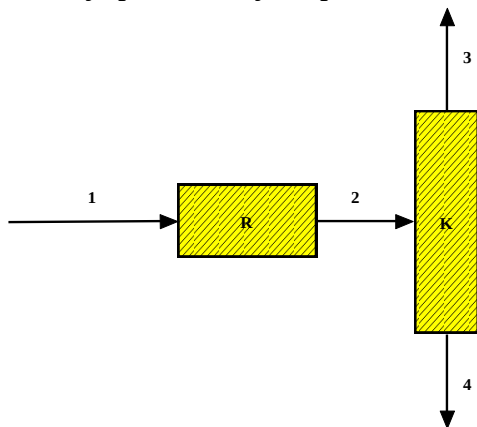
Naloga V/4: Pridobivanje dušikove kisline

Moderni proces pridobivanja dušikove kisline je osnovan na oksidaciji amonijaka po Haberjevi reakciji. Prva stopnja oksidacijskega procesa je reakcija med NH_3 in O_2 v prisotnosti Pt kot katalizatorja. V tej fazi proizvedemo NO. Reakcija je naslednja:



- 1... NH_3
 2.... O_2
 3....NO
 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Predpostavimo, da dosežemo 80 % presnovo ključne komponente (kisika), če pomešamo enaka množinska tokova NH_3 in O_2 pri čemer znaša celotni vtok 100 mol/h (tok 1). Za reaktorjem je še parcialni kondenzator (K), kjer se v tekoči fazi odstrani 96 % nastale vode (tok 4). Ostala voda in plini izstopajo v plinskem iztoku (tok 3).

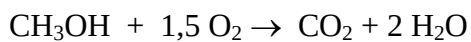
Izračunajte:

- a) množinske tokove reaktorja in kondenzatorja,
 b) stopnjo presnove NH_3 .

(**Rezultat:** a) $F_{21} = 18 \text{ mol/h}$; $F_{22} = 10 \text{ mol/h}$; $F_{23} = 32 \text{ mol/h}$; $F_{24} = 48 \text{ mol/h}$;
 $F_{31} = 18 \text{ mol/h}$; $F_{32} = 10 \text{ mol/h}$; $F_{33} = 32 \text{ mol/h}$; $F_{34} = 2 \text{ mol/h}$;
 $F_{44} = 46 \text{ mol/h}$
 b) $X_1 = 64 \%$)

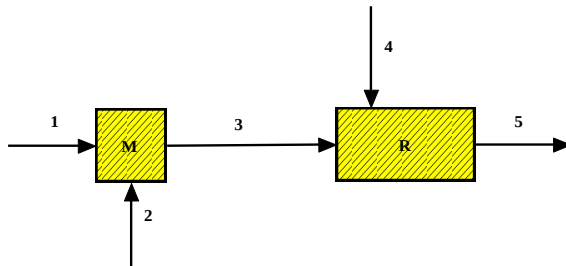
Naloga V/5: Zgorevanje metanola

Čisti metanol in kisik ločeno vtekata v mešalnik (M) in reagirata v reaktorju (R). Hitrost presnove, $\omega = 50 \text{ mol/h}$. Reakcija je naslednja:



- 1... CH_3OH
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok metanola na vtoku v mešalnik, $F_1 = 100 \text{ mol/h}$ in kisika, $F_2 = 65 \text{ mol/h}$. V reaktor še dodatno vteka čisti kisik, $F_{42} = 10 \text{ mol/h}$. Izračunajte vse množinske tokove na iztoku reaktorja (F_{51} , F_{52} , F_{53} , F_{54}) v mol/h.

(**Rezultat:** $F_{51} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{52} = 0 \text{ mol/h}$; $F_{53} = 50 \text{ mol/h}$; $F_{54} = 100 \text{ mol/h}$)

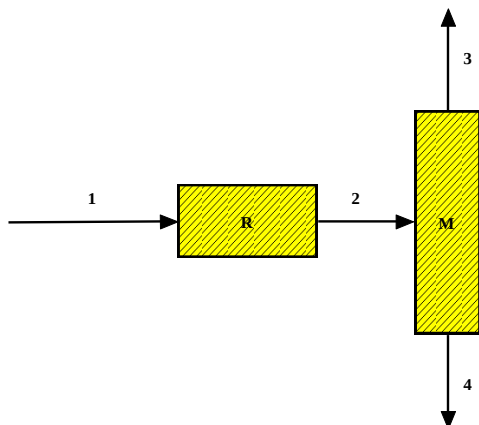
Naloga V/6: Dehidrogenacija etana

Procesna shema prikazuje dehidrogenacijo etana v stacionarnem stanju. Reakcija je naslednja:



- 1... C_2H_6
- 2.... C_2H_4
- 3.... H_2

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Pretok etana v reaktor (R) znaša 100 kmol/h (tok 1) in vodika 60 kmol/h na iztoku (tok 2). Za reaktorjem je še selektivna membrana (M), kjer se v toku 3 odstrani 96 % nastalega vodika. Ostali vodik in plini izstopajo v iztoku 4.

Izračunajte:

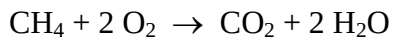
- a) množinski pretok etana in etena na iztoku reaktorja in membrane,
- b) stopnjo presnove etana.

Preverite masno bilanco celotnega procesa.

(Rezultat: a) $F_{21} = 40 \text{ kmol/h}$; $F_{22} = 60 \text{ kmol/h}$;
 $F_{41} = 40 \text{ kmol/h}$; $F_{42} = 60 \text{ kmol/h}$; $F_{43} = 2,4 \text{ mol/h}$; $F_{33} = 57,6 \text{ mol/h}$
 b) 60 %)

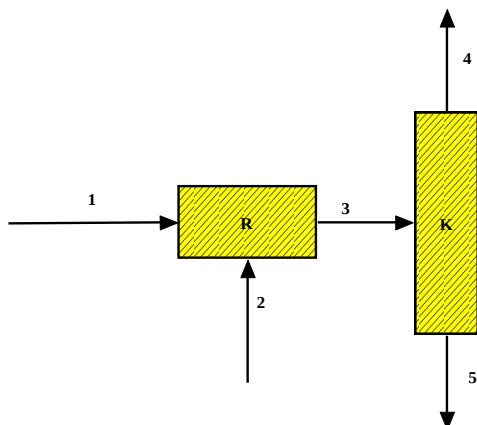
Naloga V/7: Zgorevanje metana v komori

Metan zgoreva po naslednji reakciji:



- 1... CH_4
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O
- 5.... N_2

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Predpostavimo popolno zgorevanje. V reaktor (R) dovajamo metan in zrak. Pretok metana (tok 1) je 16 kg/min in zraka 300 kg/min (tok 2). Sestava zraka je $x = 21\% \text{ O}_2$ in $x = 79\% \text{ N}_2$ ($\bar{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$). Za reaktorjem je še parcialni kondenzator (K), kjer se v tekoči fazi odstrani 90 % nastale vode (tok 5). Ostala voda in plini izstopajo v plinskem iztoku (tok 4).

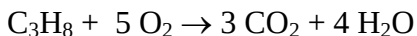
Izračunajte:

- pretoke komponent in celotni pretok za tokove 3, 4 in 5,
- presnovo O_2 .

(Rezultat: a) $F_{31} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{32} = 0,17 \text{ kmol/min}$; $F_{33} = 1 \text{ kmol/min}$;
 $F_{34} = 2 \text{ kmol/min}$; $F_{35} = 8,17 \text{ kmol/min}$; $F_3 = 11,34 \text{ kmol/min}$
 $F_{41} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{42} = 0,17 \text{ kmol/min}$; $F_{43} = 1 \text{ kmol/min}$;
 $F_{44} = 0,2 \text{ kmol/min}$; $F_{45} = 8,17 \text{ kmol/min}$; $F_4 = 9,54 \text{ kmol/min}$;
 $F_{54} = 1,8 \text{ kmol/min} = F_5$
 b) $X_2 = 92,2\%$)

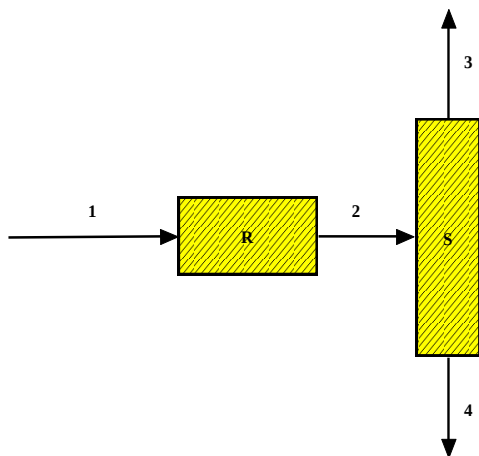
Naloga V/8: Zgorevanje propana

Ogljikovodik propan zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



- 1... C_3H_8
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Množinski tok propana na vtoku v reaktor (R) je 100 mol/h in kisika 200 mol/h (tok 1). Stopnja presnove propana je $X = 40\%$. Izračunajte množinsko bilanco reaktorja in separatorja (S), kjer se v iztoku destilacijskega ostanka odstrani 92 % nastale vode (tok 4). Ostala voda in plini izstopajo v iztoku destilata (tok 3).

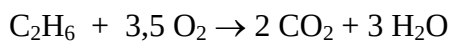
Kot rezultat podajte:

- množinske tokove komponent na iztoku reaktorja in separatorja,
- celotni množinski iztok reaktorja in oba iztoka separatorja.

(**Rezultat** a): $F_{21} = 60$ mol/h; $F_{22} = 0$ mol/h; $F_{23} = 120$ mol/h; $F_{24} = 160$ mol/h
 $F_{31} = 60$ mol/h; $F_{32} = 0$ mol/h; $F_{33} = 120$ mol/h; $F_{34} = 12,8$ mol/h;
 $F_{44} = 147,2$ mol/h
 b) $F_2 = 340$ mol/h; $F_3 = 192,8$ mol/h; $F_4 = 147,2$ mol/h)

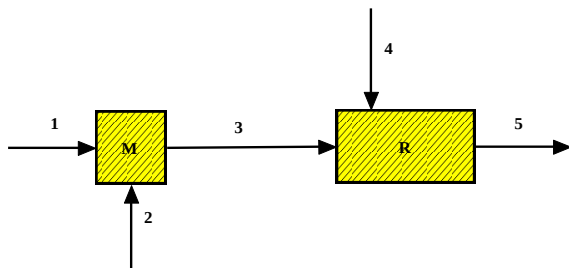
Naloga V/9: Zgorevanje etana

Čisti etan in kisik ločeno vtekata v mešalnik (M) in nadalje v reaktorju (R) zgorevata. Stopnja presnove, $X_1 = 50\%$. Reakcija je naslednja:



- 1... C_2H_6
- 2.... O_2
- 3.... CO_2
- 4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



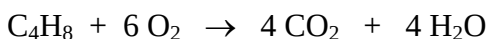
Množinski tok etana na vtoku v mešalnik, $F_1 = 100$ mol/h in kisika, $F_2 = 200$ mol/h. V reaktor še dodatno vteka čisti kisik, $F_{42} = 10$ mol/h. Izračunajte vse množinske tokove na iztoku (F_{51} , F_{52} , F_{53} , F_{54}) v mol/h.

Preverite masno bilanco celotnega procesa.

(Rezultat: $F_{51} = 50$ mol/h; $F_{52} = 35$ mol/h; $F_{53} = 100$ mol/h; $F_{54} = 150$ mol/h)

Naloga V/10: Zgorevanje butena

Buten zgoreva po naslednji reakciji:



1... C_4H_8

2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

V reaktor vteka 100 mol/h C_4H_8 (tok 1), zreagira ga samo 50 %. Prav tako vteka v reaktor 300 mol/h kisika (tok 2). Za reaktorjem je še parcialni kondenzator, kjer se v tekoči fazi odstrani 98 % nastale vode (tok 5). Ostala voda in plini izstopajo v plinskem iztoku (tok 4).

Narišite shemo procesa ter izračunajte:

a) hitrost presnove, w ,

b) množinske tokove iz reaktorja in parcialnega kondenzatorja.

Preverite masno bilanco celotnega procesa.

(Rezultat: a) $w = 50$ mol/h

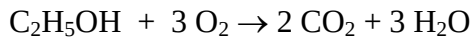
b) $F_{31} = 50$ mol/h; $F_{32} = 0$ mol/h; $F_{33} = 200$ mol/h; $F_{34} = 200$ mol/h

$F_{41} = 50$ mol/h; $F_{42} = 0$ mol/h; $F_{43} = 200$ mol/h; $F_{44} = 4$ mol/h;

$F_{54} = 196$ mol/h)

Naloga V/11: Popolno zgorevanje etanola

Etanol zgoreva v reaktorju po naslednji reakciji:



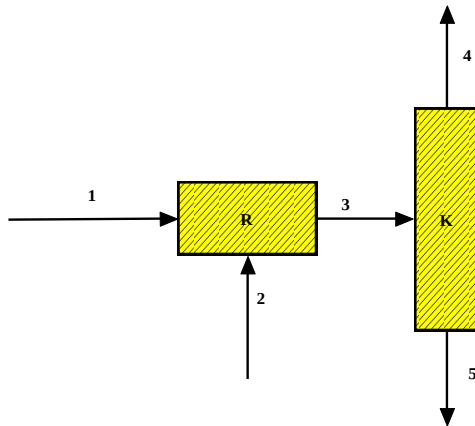
1... $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

2.... O_2

3.... CO_2

4.... H_2O

Proces je poenostavljeno prikazan s shemo:



Predpostavimo popolno zgorevanje. V reaktor (R) dovajamo etanol in zrak. Pretok etanola je 46 kg/min (tok 1) in zraka 500 kg/min (tok 2). Sestava zraka $x = 21\% \text{ O}_2$ in $x = 79\% \text{ N}_2$ ($\bar{M}_{\text{zraka}} = 29 \text{ g/mol}$). Za reaktorjem je še parcialni kondenzator (K), kjer se v tekoči fazi odstrani 90 % nastale vode (tok 5). Ostala voda in plini izstopajo v plinskem iztoku (tok 4).

Izračunajte:

c) pretoke komponent in celotni pretok za tokove 3, 4 in 5,

d) presnovo O_2 .

Preverite masno bilanco celotnega procesa.

(Rezultat: a) $F_{31} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{32} = 0,62 \text{ kmol/min}$; $F_{33} = 2 \text{ kmol/min}$;
 $F_{34} = 3 \text{ kmol/min}$; $F_{35} = 13,62 \text{ kmol/min}$; $F_3 = 19,24 \text{ kmol/min}$
 $F_{41} = 0 \text{ kmol/min}$; $F_{42} = 0,62 \text{ kmol/min}$; $F_{43} = 2 \text{ kmol/min}$;
 $F_{44} = 0,3 \text{ kmol/min}$; $F_{45} = 13,62 \text{ kmol/min}$; $F_{54} = 2,7 \text{ kmol/min}$
b) $X_2 = 83\%$)

Naloga V/12: Calculate molar composition of the gases

Two gas stack gases are mixed in the mixer. The first stack gas contains $x = 60,0\%$ N_2 , $x = 15\%$ CO_2 , $x = 10,0\%$ O_2 , and the balance H_2O . The second stack gas contains $x = 50,0\%$ N_2 , $x = 10\%$ CO_2 , $x = 10,0\%$ O_2 , and the balance H_2O . Calculate the molar composition of the mixed gas on a dry basis.

(Results: $x = 71\%$ N_2 ; $x = 16,13\%$ CO_2 ; $x = 12,9\%$ O_2)

Naloga V/13: Calculate the material balance of the reactor system¹

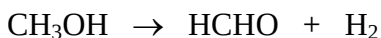
A mixture of propane and butane is burned with pure oxygen. The combustion products contain $x = 47,4\%$ H_2O . After all the water is removed from the products, the residual gas contains $x = 69,4\%$ CO_2 and the balance O_2 .

What is the mole percent of propane in the fuel?

(Result: $x = 5,27\%$)

Naloga V/14: Calculate the material balance of the reactor for formaldehyde production¹

A catalytic reactor is used to produce formaldehyde from methanol in the reaction:



A single-pass conversion of 60% is achieved in the reactor. The methanol in the reactor product is separated from the formaldehyde and hydrogen. The production rate of formaldehyde is 900 kg/h .

Calculate the required feed of methanol to the process (kmol/h) if there is no recycle.

(Result: 50 kmol/h)

VI. Obdelava podatkov

Naloga VI/1: Obdelava podatkov spremenljivk²

Reakcija $A \rightarrow P$ je izvedena v laboratorijskem reaktorju. Proizvodnost ($-r_A$) v odvisnosti od koncentracije (c_A) je pridobljena eksperimentalno in je prikazana v preglednici s funkcijsko zvezo:

$$-r_A = k \cdot c_A^n$$

Preglednica: Proizvodnost ($-r_A$) v odvisnosti od koncentracije (c_A).

$-r_A / (\text{mol}/(\text{L min}))$	$c_A / (\text{mol/L})$
110	6,1
200	8,2
220	8,5
250	9,1
530	13,3

Izvedite naslednje naloge:

- Narišite funkcijo $-r_A = f(c_A)$.
- Transformirajte koordinate, da boste dobili linearno funkcijo.
- Narišite novo transformirano funkcijo, da preverite sipanje točk od premice.
- Uporabite metodo najmanjših kvadratov za določitev koeficientov A in B v enačbi premice.
- Določite končno formulo osnovne funkcije.
- Z linearno interpolacijo določite proizvodnost pri $c_A = 10 \text{ mol/L}$. Uporabite formulo za izračun.

(Rezultat: $k = 2,9$; $n = 2$)

Naloga VI/2: Obdelava podatkov spremenljivk x, y ¹

Na voljo imamo naslednje podatke:

x	1	2	3	4	5	6
y	1	0,333	0,2	0,143	0,110	0,091

Splošna enačba funkcije je: $y = \frac{1}{C_1 \cdot x - C_2}$.

- Narišite osnovno funkcijo.
- Transformirajte koordinate tako, da dobite premico!

- c) Določite vrednosti C_1 in C_2 .
 d) Določite končno formulo funkcije!

(Rezultat: $C_1 = 2$; $C_2 = 1$)

Naloga VI/3: Obdelava podatkov spremenljivk y, x ¹

Na voljo imamo naslednje podatke:

x	1	2	3	4	5	6
y	2	2,12	2,16	2,18	2,19	2,2

Splošna formula funkcije je: $y^2 = \frac{a}{x} + b$

- a) Narišite osnovno funkcijo.
 b) Transformirajte koordinate tako, da dobite premico!
 c) Narišite graf transformirane funkcije!
 d) Določite naklon A in odsek B na Yosi za premico $Y = A X + B$
 e) Določite a in b končne funkcije!

(Rezultat: $a = -1$; $b = 5$)

Naloga VI/4: Obdelava podatkov spremenljivk r_A in c_A v laboratorijskem reaktorju²

Reakcija $A \rightarrow P$ je izvedena v laboratorijskem reaktorju. Proizvodnost ($-r_A$) v odvisnosti od koncentracije (c_A) je pridobljena eksperimentalno in je prikazana v tabeli s funkcijsko zvezo:

$$-r_A = k \cdot c_A^n$$

Tabela: Proizvodnost ($-r_A$) v odvisnosti od koncentracije (c_A).

$-r_A / (\text{mol}/(\text{L min}))$	$c_A / (\text{mol}/\text{L})$
100	5,8
200	8,2
230	9,0
260	9,3
500	13,0

Izvedite naslednje naloge:

- a) Narišite funkcijo $-r_A = f(c_A)$.

- b) Transformirajte koordinate, da boste dobili linearno funkcijo.
- c) Narišite transformirano funkcijo, da preverite sipanje točk od premice.
- d) Uporabite metodo najmanjših kvadratov za določitev koeficientov A in B v enačbi premice.
- e) Določite končno formulo osnovne funkcije.
- f) Z linearno interpolacijo določite proizvodnost pri $c_A = 11 \text{ mol/L}$. Uporabite formulo za izračun.

(Rezultat: $k = 3$; $n = 2$)

Naloga VI/5: Obdelava podatkov spremenljivk x, y 2

Na voljo imamo naslednje podatke:

x	1	2	3	4	5	6
y	1	0,4	0,23	0,15	0,12	0,09

Splošna enačba funkcije je: $y = \frac{1}{C_1 \cdot x - C_2}$.

- a) Narišite osnovno funkcijo.
- b) Transformirajte koordinate tako, da dobite premico!
- c) Določite vrednosti C_1 in C_2 .
- d) Določite končno formulo funkcije!

(Rezultat: $C_1 = 2$; $C_2 = 1,4$)

Naloga VI/6: Obdelava podatkov spremenljivk x, y 3

Imamo naslednje podatke:

x	2	3	4	5	6
y	1	0,5	0,2	0,1	0,0588

Splošna formula funkcije je: $\frac{1}{y} = a(x - 2)^2 + b$. Narišite osnovno funkcijo.

Transformirajte koordinate tako, da dobite premico ter določite a in b . Zapišite končno formulo funkcije.

(Rezultat: $a = 1$; $b = 1$)

Naloga VI/7: Obdelava podatkov spremenljivk T in p za metanol¹

Preglednica prikazuje parni tlak metanola v odvisnosti od temperature:

Št. meritve	T/K	$p^{\text{nas}} / \text{mmHg}$
1	200	1
2	220	5
3	230	10
4	240	20
5	250	40
6	260	60
7	270	100
8	280	200
9	300	400
10	320	760

Predpostavimo, da navedene eksperimentalne podatke zadovoljivo predstavlja Clapeyronova enačba:

$$\ln(p^{\text{nas}}) = A - \frac{B}{T}$$

- Narišite funkcijo $p^{\text{nas}} = f(T)$.
- Transformirajte koordinate, da boste dobili transformirano funkcijo.
- Izračunajte transformirane koordinate.
- Narišite transformirano funkcijo. Ali je linearna?
- Določite naklon in odsek premice.
- Zapišite končno formulo osnovne funkcije $p^{\text{nas}} = f(T)$, tj. določite A in B v Clapeyronovi enačbi.

(Rezultat: $A = 17,9$; $B = 3588,2$)

Naloga VI/8: Obdelava podatkov spremenljivk x , y kvadratne enačbe

Na voljo imamo naslednje podatke:

x	1	2	3	4	5	6
y	3	9	19	33	51	73

Splošna enačba funkcije je: $y = a \cdot x^2 + b$.

- Narišite graf osnovne funkcije.
- Transformirajte koordinate tako, da dobite premico.
- Narišite graf transformirane funkcije.
- Iz naklona in odseka določite a in b.
- Zapišite končno enačbo funkcije.

(Rezultat: a = 2; b = 1)

Naloga VI/9: Izračun parametrov a in b 1

Z metodo najmanjših kvadratov odstopanj določite najboljšo ravno črto (premico), ki se prilagaja naslednjim točkam:

x	y
0,3	0,4
1,9	2,1
3,2	3,1

- Za enačbo $y = a \cdot x + b$ torej določite najboljša a in b !
- Narišite sliko približno ležeče premice in premico po regresijski analizi. Komentirajte rezultat!

(Rezultat: a = 0,94; b = 0,18)

Naloga VI/10: Obdelava podatkov spremenljivk P in t 1

Odvisnost dveh spremenljivk P in t lahko izrazimo z enačbo:

$$P = \frac{1}{m \cdot t^{0,5} + r}$$

Znane imamo naslednje podatke:

P	0,279	0,194	0,168	0,120	0,083
t	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0

- Narišite osnovno funkcijo.

- b) Transformirajte koordinate v $Y = \frac{1}{p}$ in $X = t^{0,5}$.
- c) Narišite transformirano funkcijo, da preverite, če je linearna.
- d) Z metodo najmanjših kvadratov odstopanj določite m in r in zapišite končno enačbo.

(Rezultat: $m = 3,94$; $r = -0,51$)

Naloga VI/11: Obdelava podatkov spremenljivk T in p za aceton¹

Preglednica prikazuje parni tlak acetona (C_3H_6O) v odvisnosti od temperature:

Št. meritve	T/K	p^{nas} / mmHg
1	214	1
2	233	5
3	242	10
4	252	20
5	264	40
6	271	60
7	281	100
8	296	200
9	313	400
10	330	760

Predpostavimo, da navedene eksperimentalne podatke zadovoljivo predstavlja Clapeyronova enačba:

$$\ln(p^{nas}) = A - \frac{B}{T}$$

- a) Narišite funkcijo $p^{nas} = f(T)$.
- b) Transformirajte koordinate, da boste dobili transformirano funkcijo.
- c) Izračunajte transformirane koordinate.
- d) Narišite transformirano funkcijo. Ali je linearna?
- e) Določite naklon in odsek premice.
- f) Zapišite končno formulo osnovne funkcije $p^{nas} = f(T)$, tj. določite A in B v Clapeyronovi enačbi.

(Rezultat: $A = 18,9$; $B = 4022$)

Naloga VI/12: Obdelava podatkov spremenljivk $f(t)$ in t

Vrednosti $f(t)$ so merjene pri naslednjih časih:

Št. meritve	$f(t)$	t
1	1	1
2	4	2
3	8	3

- Narišite funkcijo $f(t)$!
- Določite vrednost funkcije $f(t)$ pri času $t = 1,3$ in pri tem uporabite linearno interpolacijo.
- Komentirajte rezultat glede na dejansko vrednost funkcije, ki jo odčitate na sliki!

(Rezultat: $f(t) = 1,9$)

Naloga VI/13: Obdelava podatkov spremenljivk c_A in t

Pri kemijski reakciji $A \rightarrow B$ je odvisnost koncentracije A od časa naslednja:

Štev. meritve	$c_A/(\text{mol/L})$	t/min
1	0,1453	36
2	0,1025	100
3	0,0795	160

- Določite koncentracijo c_A po $t = 65$ min poteka reakcije. Za izračun uporabite enačbo za linearno interpolacijo.
- Rezultat primerjajte z dejanskim rezultatom, ki znaša $c_A = 0,1216$ mol/L. Zakaj pride do odstopanj?
- Narišite graf funkcije in prikažite rezultat z linearno interpolacijo!

(Rezultat: $c_A = 0,1259$ mol/L z linearno interpolacijo)

Naloga VI/14: Obdelava podatkov spremenljivk P in t

Odvisnost dveh spremenljivk P in t lahko izrazimo z enačbo:

$$P = \frac{1}{m \cdot t^{0,5} + r}$$

Znane imamo naslednje podatke:

<i>P</i>	0,279	0,194	0,168	0,120	0,083
<i>t</i>	1,2	2,2	3,3	5,4	10,5

- Narišite osnovno funkcijo $P = f(t)$.
- Transformirajte koordinate v $Y = \frac{1}{P}$ in $X = t^{0,5}$.
- Narišite funkcijo, da preverite, če je linearna.
- Z metodo najmanjših kvadratov odstopanj določite m in r in zapišite končno enačbo.

(Rezultat: $m = 3,96$; $r = -0,87$)

Naloga VI/15: Obdelava podatkov spremenljivk p in T za n-butan¹

Podatki prikazani v tabeli so dobljeni pri izvajanju eksperimenta v laboratoriju in veljajo za n-butan:

T/K	$p^{\text{nas}}/\text{mmHg}$
195,4	10
214	40
229	100
242	200
256,9	400

Odvisnost $p^{\text{nas}} = f(T)$ predstavlja enačba: $\ln(p^{\text{nas}}) = a - \frac{b}{T}$.

- Narišite osnovno funkcijo $p^{\text{nas}} = f(T)$.
- Transformirajte koordinate tako, da bo nova, transformirana funkcija linearna.
- Narišite funkcijo s transformiranimi koordinatami in določite A in B enačbe premice $Y = B + A X$.
- Zapišite končno formulo funkcije.

(Rezultat: $a = 17,74$; $b = 3011,5$)

Naloga VI/16: Obdelava podatkov spremenljivk t and q ¹

Podatki prikazani v tabeli so dobljeni eksperimentalno v laboratoriju. Masni pretok q (g/s) in temperaturo t (°C) lahko izrazimo s funkcijo:

$$q = a \cdot t^{0,5} + b$$

t	10	20	40	80
q	14,76	20,14	27,73	38,47

- Narišite osnovno funkcijo $q = f(t)$.
- Transformirajte koordinate.
- Narišite funkcijo, da preverite, če je linearna.
- Določite konstanti a in b .

(Rezultat: $a = 4,16$; $b = 1,72$)

Naloga VI/17: Obdelava podatkov spremenljivk p in t za benzofenon¹

V laboratoriju smo merili odvisnost parnega tlaka benzofenona od temperature in zabeležili naslednje meritve:

Št. meritve	$t/^\circ\text{C}$	$p^{\text{nas}}/\text{mmHg}$
1	108,2	1
2	157,6	10
3	195,7	40
4	224,4	100

- Narišite funkcijo $p^{\text{nas}} = f(t)$!
- Po formuli za linearno interpolacijo izračunajte parni tlak pri 170 °C !
- Primerjajte dejansko vrednost in rezultat dobljen z linearno interpolacijo. Oba rezultata prikažite tudi na grafu in komentirajte, zakaj je prišlo do razlike.

(Rezultat: b) $p = 20$ mmHg)

Naloga VI/18: Obdelava podatkov spremenljivk x in y ⁴

Za dane podatke funkcije $y = x^n$

x	y
2	11
3	47
4	128
5	280
6	529
7	907

izvedite naslednje naloge:

- Narišite funkcijo $y = f(x)$!
- Transformirajte koordinate kot $\log x = X$ in $\log y = Y$.
- Narišite novo, transformirano funkcijo, da preverite linearnost.
- Iz grafa določite naklon premice.
- Določite končno formulo osnovne funkcije.

(Rezultat: $n = 3,52$)

Naloga VI/19: Obdelava podatkov spremenljivk p in T za n-pentan¹

Podatki prikazani v tabeli so dobljeni pri izvajanju eksperimenta v laboratoriju in veljajo za n-pentan:

T/K	$p^{\text{nas}}/\text{mmHg}$
200	10
217	40
231	100
245	200
260	400

Odvisnost $p^{\text{nas}} = f(T)$ predstavlja enačba: $\ln(p^{\text{nas}}) = a - \frac{b}{T}$.

- Narišite osnovno funkcijo $p^{\text{nas}} = f(T)$.
- Transformirajte koordinate tako, da bo nova, transformirana funkcija linearna.
- Narišite funkcijo s transformiranimi koordinatami in določite A in B enačbe premice $Y = B + A X$.
- Zapišite končno formulo funkcije.

(Rezultat: $a = 18,3$; $b = 3188,2$)

Naloga VI/20: Determine parameter k ¹

A chemical reaction $A \rightarrow B$ is carried out in a closed vessel. The following data are taken for the concentration of A, c_A (g/L), as a function of time, t (min), from the start of the reaction:

t (min)	0	36	65	100	160	∞
c_A (g/L)	$0,1823 = c_{A0}$	0,1453	0,1216	0,1025	0,0795	$0,0495 = c_{AC}$

A proposed reaction mechanism predicts that c_A and t should be related by the expression:

$$\ln \frac{c_A - c_{AC}}{c_{A0} - c_{AC}} = k \cdot t$$

where k is the reaction rate constant.

- Plot the basic function $c_A = f(t)$.
- Transform the coordinates.
- Plot transformed function to check if it is linear.
- Determine the value of k .

(Result: $k = 0,0093 \text{ min}^{-1}$)

Naloga VI/21: Determine parameter k ¹

The relationship between the pressure p and volume V of the air in cylinder during the upstroke of a piston in an air compressor can be expressed as:

$$p \cdot V^k = C$$

where p and V are variables. During a compression test, the following data are taken:

p (mm Hg)	760	1140	1520	2280	3040	3800
V (cm ³)	48,3	37,4	31,3	24,1	20,0	17,4

- Plot the basic function $p = f(V)$.
- Transform the coordinates.
- Plot transformed function.
- Determine the value of k .

(Result: $k = 1,573$)

Naloga VI/22: Determine parameters a and b ¹

The following (x, y) data are recorded:

X	0,5	1,4	84
Y	2,20	4,30	6,15

- a) Plot the basic function $y = f(x)$.
b) Determine the coefficients of a power law expression:
 $y = a \cdot x^b$ using the method of least squares.

(Results: $a = 3,08$; $b = 0,168$)

Naloga VI/23: Determine parameters k and c_{A0} ¹

The reaction $A \rightarrow B$ is carried out in a laboratory reactor. According to a published article the concentration of A should vary with as follows:

$$c_A = c_{A0} \cdot e^{-k \cdot t}$$

where c_{A0} is the initial concentration of A in the reactor and k is the constant. The following data are taken:

t (min)	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
c_A (lbmole/ft ³)	1,02	0,84	0,69	0,56	0,38	0,17	0,02

- a) Convert the concentration into mol/L.
b) Plot the basic function $c_A = f(t)$.
c) Transform the coordinates.
d) Plot transformed function.
e) Determine the values of k and c_{A0} .

(Results: $k = 0,414$; $c_{A0} = 1,286$)

VII. Osnove numeričnih metod

Naloga VII/1: Določitev spremenljivke x z uporabo numeričnih metod³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$2 - x = \log x$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) metodo zaporedne substitucije,
- b) Newtonovo metodo in
- c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_{\ell}^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij.

(Rezultat: $x = 1,7556$)

Naloga VII/2: Določitev specifične toplotne kapacitete CO₂ 1

Specifična toplotna kapaciteta CO₂ je funkcija temperature in jo lahko podamo z naslednjo enačbo:

$$c_p = 1,716 - 4,257 \times 10^{-6} \cdot T - \frac{15,04}{\sqrt{T}} \quad \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad T = \text{K}$$

Pri kateri vrednosti temperature bo $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$? Za izračun uporabite **grafično metodo** in **metodo zaporedne substitucije**. Ocenjena vrednost $T^{(1)} = 400 \text{ K}$, $\varepsilon = 0,0001$.

(Rezultat: $T = 443,57 \text{ K}$)

Naloga VII/3: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe 1

Funkcija $x^3 - 4x^2 + 5x - 2 = 0$ ima rešitvi pri $x = 1$ in $x = 2$.

- a) H kateri vrednosti rešitve konvergira zaporedje, če predpostavimo začetno vrednost $x^{(1)} = 0,9$ in za izračun uporabimo **Newtonovo metodo** in **metodo zaporedne substitucije**? Izvedite tri iteracije!

(Rezultat: $x = 1$)

Naloga VII/4: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe 2

Z **grafično** in **Newtonovo metodo** določite rešitev funkcije:

$$x^3 - x^2 - 2 = 0$$

Realna rešitev leži med vrednostmi $1 < x < 2$!

Pri Newtonovi metodi izvedite tri iteracije. $\varepsilon = 0,001$.

(Rezultat: $x = 1,69$)

Naloga VII/5: Določitev specifične toplotne kapacitete CO_2 2

Specifična toplotna kapaciteta CO_2 je funkcija temperature in jo lahko podamo z naslednjo enačbo:

$$c_p = 1,716 - 4,257 \times 10^{-6} \cdot T - \frac{15,04}{\sqrt{T}} \quad \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad T = \text{K}$$

Pri kateri vrednosti temperature bo $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$?

Za izračun uporabite **grafično** in **Newtonovo metodo**. Izvedite 3 iteracije in ugotovite ali ste že dosegli rešitev, če je $\varepsilon = 0,0001$. $T^{(1)} = 400 \text{ K}$.

(Rezultat: $T = 443,57 \text{ K}$)

Naloga VII/6: Uporaba numeričnih metod za določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$f(x) = x^2 - 3x - 3 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 2$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

a) metodo zaporedne substitucije,

b) Newtonovo metodo in

c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_l^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju $0,1$. Izračunajte potrebno število iteracij.

(Rezultat: $x = 3,795$)

Naloga VII/7: Določitev specifične toplotne kapacitete CO₂ 3

Specifična toplotna kapaciteta CO₂ je funkcija temperature in jo lahko podamo z naslednjo enačbo:

$$c_p = 1,716 - 4,257 \times 10^{-6} \cdot T - \frac{15,04}{\sqrt{T}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad T = \text{K}$$

Pri kateri vrednosti temperature bo $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$?

Za izračun uporabite **grafično metodo** in **metodo polovičnega intervala**. Začetni interval naj bo v mejah $T_\ell^{(1)} = 400$ in $T_d^{(1)} = 500$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $T = 443,57 \text{ K}$)

Naloga VII/8: Določitev spremenljivke x z numeričnimi metodami 1³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$f(x) = 4 - (x - 2)^2 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) metodo zaporedne substitucije,
- b) Newtonovo metodo in

c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_\ell^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 4$)

Naloga VII/9: Določitev spremenljivke x z numeričnimi metodami 2³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$2^x = 4x$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) metodo zaporedne substitucije,
- b) Newtonovo metodo in
- c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_\ell^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 0,3099$)

Naloga VII/10: Določitev spremembe entalpije plina butana¹

Odvisnost spremembe entalpije plina butana ΔH v J/mol s temperaturo v K izrazimo z enačbo:

$$\Delta H = A + B \cdot T + C \cdot T^2$$

Pri kateri temperaturi ima butan (C_4H_{10}) $\Delta H = -0,8 \cdot 10^3$ kJ/mol, če so konstante: $A = -0,14344 \times 10^3$, $B = -0,25227 \times 10^2$ in $C = 0,12479$? Začetno, ocenjeno temperaturo $T^{(1)}$ izračunajte iz linearnega dela enačbe! Rešitev poiščite z metodo **zaporedne substitucije** in **Newtonovo metodo**. Izvedite 3 iteracije in komentirajte ali ste že dosegli rešitev. $\varepsilon = 0,001$.

(Rezultat: $T = 171,47$ K)

Naloga VII/11: Uporaba numeričnih metod za določitev spremenljivke x iz kubične enačbe³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$f(x) = x^3 - 4 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 0,5$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) grafično metodo,
- b) Newtonovo metodo in
- c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_\ell^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 1,6$)

Naloga VII/12: Določitev molske toplotne kapacitete ketena

Molska toplotna kapaciteta C_p ketena (C_2H_2O) je pri nizkem tlaku funkcija absolutne temperature T :

$$C_p = 6,385 + 0,1638 T - 1,084 \times 10^{-4} T^2 + 2,698 \times 10^{-8} T^3$$

Enačba velja za C_p v J/(mol K) in absolutno temperaturo T v K. Pri kateri temperaturi T je $C_p = 46,498$ J/(mol K)? Rešitev najдите z **Newtonovo** in **grafično metodo**. Izvedite 3 iteracije in komentirajte rezultat! Začetna ocenjena vrednost $T^{(1)} = 100$ K, $\varepsilon = 0,001$.

Naloga VII/13: Določitev spremenljivke x

Rešitev funkcije $x = (x^3 - 2)^{0,5}$ najдите z **Newtonovo metodo** in **metodo polovičnega intervala**.

a) Pri Newtonovi metodi upoštevajte $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

b) Pri metodi polovičnega intervala upoštevajte $x_l^{(1)} = 1,6$ in $x_d^{(1)} = 2$. Rezultat naj bo v območju 0,01.

Pri obeh metodah izvedite tri iteracije in ugotovite ali ste že dosegli rezultat.

(Rezultat: $x = 1,6956$)

Naloga VII/14: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe na določenem intervalu³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , iz enačbe:

$$f(x) = 2x^2 - 5x = 0$$

Pri reševanju z **Newtonovo metodo** predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

a) grafično metodo,

b) Newtonovo metodo in

c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_l^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 0$; $x = 2,5$)

Naloga VII/15: Določitev spremenljivke x z Newtonovo in grafično metodo

Poiščite rešitev naslednje nelinearne enačbe:

$$x^4 + 7x^3 + 24x^2 + 25x - 15 = 0$$

Za reševanje uporabite **Newtonovo** in **grafično** metodo. Začetna vrednost $x^{(1)} = 1$, $\varepsilon = 0,001$. Izvedite 3 iteracije in komentirajte rezultat.

(Rezultat: $x = 0,4142$)

Naloga VII/16: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe z numeričnimi metodami³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$f(x) = x^3 - 5x + 1 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 1$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) metodo zaporedne substitucije,
- b) Newtonovo metodo in

c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_l^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju $0,1$. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 0,2$)

Naloga VII/17: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe

Z **metodo zaporedne substitucije** in **Newtonovo metodo** najдите rešitev funkcije:

$$x^3 - x^2 - 2 = 0$$

Ocenjena vrednost $x^{(1)} = 1$, konvergenčni kriterij naj bo izpolnjen pri $\varepsilon = 0,001$. Preden pričnete z izračunavanjem, dokažite, da bo oblika funkcije pri dani začetni vrednosti, dala rešitev z zaporedno substitucijo! Uporabite numerično odvajanje! Z obliko funkcije, ki bo dala rešitev, izvedite 3 iteracije in komentirajte rezultat!

(Rezultat: $x = 1,69$)

Naloga VII/18: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe z numeričnimi metodami³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , v enačbi:

$$f(x) = 4 - (x - 2)^2 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 6$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

a) metodo zaporedne substitucije,

b) Newtonovo metodo in

c) metodo polovičnega intervala. Začetni interval naj bo v mejah $x_l^{(1)} = 0$ in $x_d^{(1)} = 10$, končna rešitev pa v območju 0,1. Izračunajte potrebno število iteracij. Izvedite prve tri iteracije.

(Rezultat: $x = 4$)

Naloga VII/19: Določitev spremenljivke x iz kubične enačbe z Newtonovo in grafično metodo

Z **Newtonovo** in **grafično metodo** najдите rešitev funkcije:

$$x = (x^3 - 2)^{1/2}$$

Ocenjena vrednost $x^{(1)} = 2$, konvergenčni kriterij naj bo izpolnjen pri $\varepsilon = 0,001$. Izvedite 3 iteracije!

(Rezultat: $x = 1,6956$)

Naloga VII/20: Določitev spremenljivke x z Newtonovo metodo in metodo zaporedne substitucije 1

Poiščite rešitev naslednje nelinearne enačbe:

$$2x^3 + 17x^2 - 24x - 2,377 = 0$$

Za reševanje uporabite **Newtonovo** in **metodo zaporedne substitucije**. Začetna vrednost $x^{(1)} = 1$, $\varepsilon = 0,001$. Izvedite 3 iteracije in komentirajte rezultat v smislu ali je dosežena rešitev.

(Rezultat: $x = 1,315$)

Naloga VII/21: Določitev spremenljivke x iz kvadratne enačbe na določenem intervalu z numeričnimi metodami³

Izračunajte vrednost spremenljivke x , ki jo opisuje enačba:

$$f(x) = x^2 - 3x - 3 = 0$$

Pri reševanju predpostavite, da je začetna vrednost $x^{(1)} = 6$ in $\varepsilon = 0,001$.

Za izračun uporabite:

- a) grafično metodo,
- b) metodo zaporedne substitucije in
- c) Newtonovo metodo.

(Rezultat: $x = 3,79$)

Naloga VII/22: Določitev spremenljivke x z Newtonovo metodo in metodo zaporedne substitucije 2

Najdite rešitev funkcije $x = (x^3 - 2)^{1/2}$ z **Newtonovo metodo** in **metodo zaporedne substitucije**. $x^{(1)} = 2$, $\varepsilon = 0,001$. Izvedite 3 iteracije! Odvod funkcije izračunajte **numerično!**

(Rezultat: $x = 1,6956$)

Naloga VII/23: Determine the variable x by using Newton method³

Calculate the value of the variable x , in the equation:

$$f(x) = x^3 - 4 = 0$$

Assume the initial value $x^{(1)} = 4$ and $\varepsilon = 0,001$.

For the calculation use:

- a) graphical method and
- b) Newton method. Carry out the first three iterations.

(Result: $x = 1,59$)

Naloga VII/24: Determine the variable x by using graphical and Newton methods³

Calculate the value of the variable x , in the equation:

$$f(x) = x^3 - 1,25x^2 - 4,73x + 0,6 = 0$$

Assume the initial value $x^{(1)} = 1$ and $\varepsilon = 0,001$.

For the calculation use:

- a) graphical method and
- b) Newton method. Carry out the first three iterations.

(Result: $x = 0,13$)

Naloga VII/25: Determine the variable x by using numerical methods³

Calculate the value of the variable x , in the equation:

$$f(x) = x^3 - 11,1x^2 + 11,1x - 1 = 0$$

Assume the initial value $x^{(1)} = 6$ and $\varepsilon = 0,001$. Carry out the first three iterations.

For the calculation use:

- a) graphical method,
- b) Newton method and
- c) half-interval method. An initial interval containing the solution is selected: $x_\ell^{(1)} = 6$ and $x_d^{(1)} = 12$. The uncertainty is set to 0,1. How many iterations are necessary?

(Results: $x = 10$)

VIII. Literatura

1. Felder R. M. and Rousseau R.W., Elementary principles of chemical processes, third edition, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
2. Krajnc M., Sinteza procesov, Tehniške fakultete, FKKT Univerza v Mariboru, Maribor, 1999.
3. Bohte Z., Numerične metode, Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije, Ljubljana, 1987.