

ΣΤ' Εξάμηνο
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

2008 – 2009

Ερωτήσεις Επανάληψης
Πρώτο Μέρος

01

Ερώτηση: Μας πληροφορούν ότι δύο υποψήφια επενδυτικά σχέδια Α και Β για την παραγωγή του προϊόντος Χ έχουν νεκρό σημείο σε δυναμικότητα 3000 και 6000 μονάδες Χ, αντιστοίχως. Ποιο από τα δύο επενδυτικά σχέδια είναι πιο ελκυστικό και γιατί;

02

Ερώτηση: Το ετήσιο κόστος παραγωγής για ένα εργοστάσιο που λειτουργεί στο 70% της δυναμικότητάς του είναι 280000 €, ενώ υπάρχει και ένα σταθερό ετήσιο κόστος ίσο με 200000 €. Οι ετήσιες πωλήσεις είναι 560000 € και η τιμή πώλησης του προϊόντος είναι 4 €/kg. Ποιο είναι το νεκρό σημείο σε kg προϊόντος ανά έτος και σαν ποσοστό της μέγιστης δυναμικότητας; (Peters et al, p. 271).

Υπόδειξη: πρώτα βρείτε το κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος για να βρείτε μετά το κόστος λειτουργίας ως συνάρτηση της δυναμικότητας.

03

Ερώτηση: Δίνονται εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια Α και Β με τις εξής εκτιμώμενες χρηματοροές σε ευρώ (μετά από φόρους):

	<u>Σχέδιο Α:</u>	<u>Σχέδιο Β:</u>
Αρχική επένδυση:	100000	80000
Έτη 1 – 4:	20000	15000
Έτη 5 – 10:	10000	15000

Σχέδιο Β:

Να επιλεγεί το πιο ελκυστικό με βάση την καθαρή παρούσα αξία, χρησιμοποιώντας επιτόκιο $i = 5\%$. Δοκιμάστε ελαφρά διαφορετικές τιμές για τις χρηματοροές και το επιτόκιο και παρατηρήστε πώς μεταβάλλεται το αποτέλεσμα. Πόσο “αντέχει” η μία επένδυση έναντι της άλλης;

04

Ερώτηση: Δίνεται επενδυτικό σχέδιο βιομηχανικής μονάδας με διάρκεια ζωής 20 χρόνια, αρχική επένδυση 200000 και ετήσια ταμειακή ροή, μετά από φόρους, 50000 ευρώ. Να υπολογιστεί ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης. Αν το αρχικό κεφάλαιο μπορεί εναλλακτικά να κατατεθεί με επιτόκιο 6% είναι σκόπιμη η επένδυση στην εν λόγω βιομηχανική μονάδα; Δοκιμάστε μεγαλύτερες και μικρότερες ετήσιες ταμειακές ροές και δείτε πώς μεταβάλλεται η απάντηση. Πού αρχίζει να γίνεται επισφαλής η επένδυση; Ποιο είναι το τελικό συμπέρασμα;

05

Ερώτηση: Από δεδομένη χημική αντίδραση που αποτελεί την “κρίσιμη διεργασία” μιας παραγωγικής μονάδας, παράγεται μίγμα του επιθυμητού προϊόντος με άλλο πτητικό συστατικό. Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει ικανοποιητικά τόσο με κλασματική απόσταξη όσο και με εκχύλιση. Αν

δε συντρέχει κάποιος άλλος ειδικός λόγος, τότε ποια από τις δύο μεθόδους διαχωρισμού είναι προτιμώτερη;

Υπόδειξη: η εκχύλιση απαιτεί διαλύτη.

06

Ερώτηση: Γιατί σε σειρά διαχωρισμών με απόσταξη είναι προτιμώτερο να απομακρύνουμε πρώτα το πιο πτητικό συστατικό;

Υπόδειξη: Αν π.χ. έχουμε ένα μίγμα ABΓ με παρόμοια ποσοστά και ανάλογες θερμοφυσικές ιδιότητες των τριών συστατικών, τότε είναι πιθανό να δαπανήσουμε περισσότερη ενέργεια, για τους διαχωρισμούς A/BΓ και B/Γ ή για τους διαχωρισμούς AB/Γ και A/B, όπου A είναι το πιο πτητικό και Γ το λιγότερο πτητικό συστατικό;

07

Ερώτηση: Γιατί είναι προτιμώτερη μια διεργασία διαχωρισμού που λειτουργεί σε πίεση και θερμοκρασία κοντά στις συνθήκες του περιβάλλοντος;

08

Ερώτηση: Η πρώτη ύλη A της κρίσιμης διεργασίας σε μια παραγωγική μονάδα περιέχει και μικρό ποσοστό της πρόσμιξης X. Στην κύρια διεργασία συμβαίνει η αντίδραση $A \rightarrow B$, όπου B το επιθυμητό προϊόν, αλλά σε μικρή έκταση συμβαίνει επίσης και η αντίδραση $A \leftrightarrow X$. Αν δε συντρέχει κάποιος ειδικός λόγος (π.χ. τοξικότητα, διαβρωτικότητα) είναι σκόπιμος ο καθαρισμός της πρώτης ύλης από την πρόσμιξη πριν την είσοδό της στον αντιδραστήρα ή όχι και γιατί;

Υπόδειξη: η αντίδραση μεταξύ A και X είναι αμφίδρομη. Προσέξτε να μην κάνετε το αντίθετο από αυτό που θέλετε!

09

Ερώτηση: Δίνεται ο παρακάτω πίνακας απεικόνισης ενός συστήματος Εξισώσεων Σχεδιασμού για συγκεκριμένη βιομηχανική διεργασία. Να καθοριστεί αλγόριθμος (σειρά επίλυσης) των εξισώσεων, καθώς και να προσδιοριστούν οι Μεταβλητές Σχεδιασμού.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
E1		X			X					
E2				X	X					
E3		X				X				
E4	X		X			X				
E5		X		X	X		X		X	
E6		X	X			X		X		X
E7		X		X			X			
E8	X	X	X					X		
Συχνότητες εμφάνισης										

10

Ερώτηση: Ένα πρόβλημα σχεδιασμού κάποιας βιομηχανικής διεργασίας περιλαμβάνει τις εξής μεταβλητές: Q, m1, T4, A εκ των οποίων η μία θα είναι Μεταβλητή Σχεδιασμού. Η μεταβλητή A έχει τις εξής δυνατές τιμές: 20, 50 και 100 m². Η μεταβλητή T4 υπόκειται στον περιορισμό

$T3 \leq T4 \leq 45^\circ\text{C}$ όπου η T3 είναι Διδόμενη Μεταβλητή και έχει γνωστή τιμή. Με αυτά και μόνο τα δεδομένα, ποια από τις παραπάνω προτιμάτε ως Μεταβλητή Σχεδιασμού και γιατί;

11

Ερώτηση: Μελετάται η εγκατάσταση εναλλάκτη θερμότητας για την ψύξη ρεύματος παροχής F , θερμότητας T_1 και ειδικής θερμότητας C_p σε θερμοκρασία T_2 . Ως ψυκτικό θα χρησιμοποιηθεί νερό με ειδική θερμότητα C_{pw} , αρχική θερμοκρασία T_3 και τελική θερμοκρασία T_4 . Ο εναλλάκτης θα έχει δεδομένο και γνωστό συντελεστή μεταφοράς U . Δεδομένη θα είναι ακόμη, η θερμοκρασία εισόδου του ψυκτικού. Η επιφάνεια του εναλλάκτη A , είναι *διακριτή* μεταβλητή. Όλες οι άλλες μεταβλητές θεωρούνται *συνεχείς*.

Ζητείται να καταστρωθούν οι Εξισώσεις Σχεδιασμού και να προσδιοριστούν οι Μεταβλητές Επίλυσης και Σχεδιασμού ώστε να προσδιοριστούν άριστες τιμές για την παροχή ψυκτικού, την τελική του θερμοκρασία, την απομακρυνόμενη θερμότητα και την επιφάνεια του εναλλάκτη.

Υπόδειξη: υπενθυμίζουμε τις βασικές σχέσεις. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά ΔT σημαίνει ανταλλαγή ποσού θερμότητας $F C_p \Delta T$. Η θερμότητα αυτή θα μεταφέρεται μέσω του εναλλάκτη υπακούοντας στη σχέση $Q = U A \Delta T_L$. Η μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας ΔT_L να θεωρηθεί ως συνάρτηση των αρχικών και τελικών θερμοκρασιών των δύο ρευμάτων που ανταλλάσσουν θερμότητα, δεδομένου ρεύματος και ψυκτικού, χωρίς να δοθεί αναλυτική έκφραση.

12

Ερώτηση: Αναφορικά με το προηγούμενο πρόβλημα, ποια μπορεί να είναι μια Αντικειμενική Συνάρτηση προς μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση;

13

Ερώτηση: Δίνεται ότι μια διεργασία περιγράφεται από τις παρακάτω Εξισώσεις Σχεδιασμού:

$$\dot{Q} = \dot{m} C_{pw} \Delta T_w \quad (\text{Ισοζύγιο θερμότητας})$$

$$\dot{Q} = \frac{1}{2} U A (\Delta T_w + \Delta T_F) \quad (\text{Μεταφορά θερμότητας -προσεγγιστική σχέση})$$

Επίσης, ισχύει ο περιορισμός

$$0 \leq \Delta T_w \leq 35$$

Η απομακρυνόμενη θερμότητα $\dot{Q} = F C_p \Delta T_F$ είναι γνωστή ποσότητα. Άγνωστες μεταβλητές είναι οι \dot{m} , ΔT_w , A εκ των οποίων η A μπορεί να θεωρηθεί ως Μεταβλητή Σχεδιασμού.

Επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της ακόλουθης Αντικειμενικής Συνάρτησης:

$$S = K \dot{m} t_y + e \beta A^n$$

α) Υποθέτοντας γνωστή την $M\Sigma$ (μεταβλητή A) λύστε το σύστημα των $E\Sigma$ ως προς τις άλλες δύο μεταβλητές και εκφράστε τον περιορισμό της ΔT_w συναρτήσει της $M\Sigma$.

β) Βάσει της παραπάνω λύσης εκφράστε την $A\Sigma$ ως συνάρτηση της $M\Sigma$ και μόνον.

γ) Κάνετε τη γραφική παράσταση της $A\Sigma$ συναρτήσει της $M\Sigma$ για τις τιμές αυτής που ικανοποιούν τον περιορισμό και βρείτε το ελάχιστο της $A\Sigma$ και την αντίστοιχη τιμή της $M\Sigma$.

δ) Αντικαθιστώντας την παραπάνω τιμή της $M\Sigma$ βρείτε τις άριστες τιμές των άλλων δύο μεταβλητών

Δίνονται:

$$F = 100 \text{ kmol/h}, C_p = 1 \text{ kJ/kgK}, \Delta T_F = 50 \text{ K}, U = 0.1 \text{ kW/m}^2\text{K}, C_{pw} = 4.18 \text{ kJ/kgK}, K = 0.1 \text{ €/1000kg}, t_y = 8000 \text{ h}, e = 0.2, \beta = 10000 \text{ €}, n = 0.68.$$

14

Ερώτηση: Ίδιο με το προηγούμενο πρόβλημα, αλλά ως $M\Sigma$ να ληφθεί η \dot{m} .

15

Ερώτηση: Ίδιο με το προηγούμενο πρόβλημα, αλλά ως $M\Sigma$ να ληφθεί η ΔT_w .

16

Ερώτηση: Μας δίνεται ότι μια διεργασία περιγράφεται από τις παρακάτω Εξισώσεις Σχεδιασμού

(ΕΣ):

$$\begin{aligned}x + z + w &= 5 \\y - w &= 12 \\x + 2w &= 3\end{aligned}$$

- α) Πόσες είναι οι μεταβλητές επίλυσης (ΜΕ) και πόσες οι μεταβλητές σχεδιασμού (ΜΣ);
β) Γράψτε τον πίνακα απεικόνισης του συστήματος των ΕΣ (για κάθε μεταβλητή να φαίνεται και ο αριθμός των εξισώσεων όπου εμφανίζεται).
γ) Προτείνετε ένα δυνατό διαχωρισμό των μεταβλητών του προβλήματος σε ΜΕ και ΜΣ εξηγώντας τα βήματα μέσα από τα οποία καταλήγετε σε αυτόν.
δ) Προτείνετε μία σειρά επίλυσης των ΕΣ για το δεδομένο διαχωρισμό των μεταβλητών σε ΜΕ και ΜΣ
ε) Αν ισχύει ότι $0 \leq x, y, z, w \leq 15$ και ενδιαφερόμαστε να ελαχιστοποιήσουμε την αντικειμενική συνάρτηση (ΑΣ), που δίνεται από

$$F = x^2 + y^2 + z^2 + w^2$$

τότε να βρεθούν οι άριστες τιμές των μεταβλητών για τη συγκεκριμένη διεργασία.

Υπόδειξη: Μπορείτε είτε να δοκιμάσετε διάφορες τιμές για την ή τις ΜΣ και να προτείνετε τη λύση των ΕΣ που δίνει την καλύτερη τιμή, είτε να λύσετε το σύστημα των ΕΣ στη γενική περίπτωση, ως προς τις ΜΕ και να εκφράσετε την ΑΣ αποκλειστικά ως προς ΜΣ.

17

Ερώτηση: Είναι δεδομένο ότι όσο πιο μεγάλος είναι ο λόγος αναρροής R σε μια αποστακτική στήλη, τόσο πιο καθαρό είναι το προϊόν που παίρνουμε ως απόσταγμα. Τότε, γιατί περιοριζόμαστε σε τιμές του R όπως 1.5 ή 2 αντί να επιλέξουμε μεγαλύτερες τιμές όπως 20 ή 30;

Υπόδειξη: εξετάστε την παροχή αποστάγματος ως συνάρτηση του R.

18

Ερώτηση: Σε μια αποστακτική στήλη υπάρχουν μετρητικά όργανα της παροχής τροφοδοσίας (F), αποστάγματος (D) και υπολείμματος (B). Οι ενδείξεις των οργάνων, F, D, B, μπορεί να περιέχουν και μικρά σφάλματα λόγω κατασκευαστικών ατελειών, κακής ρύθμισης και τυχαίων παραγόντων με αποτέλεσμα να μην ικανοποιούν πλήρως το ισοζύγιο μάζας $F = B + D$. Για να λύσουμε το πρόβλημα θα υπολογίσουμε διορθωμένες τιμές \hat{F} , \hat{D} και \hat{B} που να ελαχιστοποιούν τις διαφορές $\hat{F} - F$, $\hat{D} - D$ και $\hat{B} - B$ και συγχρόνως να ικανοποιούν το ισοζύγιο $\hat{F} = \hat{B} + \hat{D}$.

Διατυπώστε μαθηματικά τη διαδικασία ως πρόβλημα ελαχιστοποίησης μιας αντικειμενικής συνάρτησης υπό περιορισμούς. Για τιμές μετρήσεων $F = 100.5 \text{ kg/h}$, $B = 60.5 \text{ kg/h}$ και $D = 39.5 \text{ kg/h}$ λύστε το πρόβλημα βρίσκοντας τις διορθωμένες τιμές.

Υπόδειξη: η Αντικειμενική Συνάρτηση μπορεί να οριστεί ως το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ αρχικών και διορθωμένων τιμών. Ο περιορισμός αφορά το ισοζύγιο που πρέπει να ικανοποιείται από τις διορθωμένες τιμές. Απομένουν δύο βαθμοί ελευθερίας. Χρησιμοποιώντας το ισοζύγιο για να αντικαταστήσουμε τη μία μεταβλητή, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε την αντικειμενική συνάρτηση ως προς τις άλλες δύο, π.χ. με μηδενισμό των μερικών παραγώγων.