

Θέμα 1. Απορρόφηση αλκοόλης από αέριο ζύμωσης

Από τη ζύμωση μελάσας παράγεται ένα αέριο ρεύμα πλούσιο σε CO₂ (98%) από την αναπνοή του μικροοργανισμού και με ένα μικρό ποσοστό αιθυλικής αλκοόλης περίπου 2%. Η αλκοόλη ζητείται να ανακτηθεί σε ένα ρεύμα καθαρού νερού με ποσοστό ανάκτησης 98%. Το H_{OG} της διεργασίας είναι 0.6 m. Η γραμμομοριακή παροχή του αερίου είναι G=200 kmol/h και του νερού L=150 kmol/h. Η διάμετρος της στήλης είναι d=1.4 m.

Κλίση γραμμής ισορροπίας για το σύστημα EtOH-νερό : **m₁=0.57**

Κλίση γραμμής ισορροπίας για το σύστημα CO₂-νερό : **m₂=1650**

$$N_{OG} = \frac{\ln \left\{ \left[\frac{(A-1)}{A} \right] \left[\frac{(y_{in} - mx_{in})}{(y_{out} - mx_{in})} \right] + \frac{1}{A} \right\}}{\frac{(A-1)}{A}}$$

$$A = \frac{L}{mG}$$

$$H_{OG} = \frac{G}{k_g a S}$$

$$l_m = H_{OG} N_{OG}$$

1. Είναι καλός διαλύτης το νερό για την ανάκτηση της αλκοόλης? Δε φοβάστε ότι το CO₂ θα επηρεάσει το αποτέλεσμα αφού θα διαλυθεί και αυτό στο νερό? Εξηγήστε μέσω των δεδομένων ισορροπίας που έχετε για τα δύο συστήματα αερίου-διαλύτη
2. Υπολογίστε τα γραμμομοριακά κλάσματα στην κορυφή και στον πυθμένα για την αέρια και την υγρή φάση
3. Υπολογίστε το N_{OG} της διεργασίας και το ύψος πλήρωσης της στήλης απορρόφησης l_m
4. Υπολογίστε τον ολικό συντελεστή μεταφοράς μάζας k_gα σε mol/s m³

Θεμα 2. Οικιακή σταθερή κλίνη

Αποφασίζετε να αναλάβετε δράση και να απαλλαχθείτε μια και καλή από μικροπλαστικά, βαρέα μέταλλα και ίχνη φυτοφαρμάκων που σας αρρωσταίνουν απλά και μόνο πίνοντας νερό σχεδιάζοντας το δικό σας φίλτρο. Πόσο δύσκολο να είναι? Η παροχή του σπιτιού σας είναι 2 GPM (1 US gallon = 3.785 L) και έχετε δει ότι σχεδιαστικά δε θα πρέπει η πτώση πίεσης κατά μήκος του φίλτρου να υπερβαίνει τα 4 psi (1 Pa = 0.000145 psi). Έχετε βρει το κατάλληλο υλικό (ή έτσι νομίζετε) το οποίο είναι σφαιρικά σωματίδια ενεργού άνθρακα με σφαιρικότητα 0.95 και παράγοντα πλήρωσης στην κλίνη (πορώδες) ε=0.36. Η διάμετρος του κελύφους του φίλτρου είναι 15 cm. Η ισοδύναμη διάμετρος των σωματιδίων ενεργού άνθρακα που βρήκατε στην αγορά D_p είναι 0.35 mm. Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος κλίνης που χωράει κάτω από το νεροχύτη σας είναι L=0.5 m. Το ιξώδες του νερού στους 25 °C είναι 0.89 mPa s.

Εξίσωση Darcy: $u_0 = \frac{k}{\mu L} \Delta P$

Εξίσωση Blake-Kozeny: $u_0 = \frac{\psi^2 D_p^2 \varepsilon^3}{150 \mu L (1 - \varepsilon)^2} \Delta P$

1. Ισχύουν οι συνθήκες για την εξίσωση Blake-Kozeny? ($\varepsilon < 0.5$ και $\frac{Re_p}{1 - \varepsilon} = \frac{\rho_f u_0 D_p}{\mu(1 - \varepsilon)} < 10$)
2. Υπολογίστε τη διαπερατότητα της κλίνης σε Darcy ($1 \text{ Da} = 10^{-12} \text{ m}^2$)
3. Είναι εντάξει ο σχεδιασμός ή υπερβαίνει τα όρια πτώσης πίεσης? Τι θα αλλάζατε για να διορθωθεί το πρόβλημα? Αλλάζοντας μια παράμετρο της διεργασίας που μπορεί να αλλάξει εύκολα βρείτε τι τιμή πρέπει να πάρει για να έχουμε $\Delta P_{\max} = 3 \text{ psi}$

Θέμα 3. Ιξωδόμετρο ρίψης σφαίρας για ώρα ανάγκης

Έχετε 1 μήνα που δουλεύετε σε μια εταιρία πετροχημικών και προσπαθείτε να κάνετε καλή εντύπωση. Για πρώτη σας βραδινή βάρδια, πρέπει να κανονίσετε τη μεταφορά νέας παρτίδας PEG σε τρεις διαφορετικούς πελάτες. Ο προϊστάμενός σας σας έδωσε ξεκάθαρες οδηγίες πριν σχολάσει για το ποιο πάει που. Κάπου χάσατε όμως το post-it που τα είχατε σημειωμένα και τώρα δεν ξέρετε τι περιέχει το κάθε δοχείο. Από το βιβλίο με τις ιδιότητες των PEG που παράγει η εταιρία με διάφορα μοριακά βάρη (Πίνακας 1) βλέπετε ότι η πυκνότητα τους είναι περίπου ίδια οπότε δε μπορείτε με ζύγιση να βγάλετε συμπέρασμα. Βλέπετε όμως σημαντική διαφορά στα ιξώδη τους οπότε στήνεται στα γρήγορα 3 σωλήνες, γεμίζετε τον καθένα με διαφορετικό υγρό και σημειώνετε αποστάσεις 1 μέτρου για χρονομέτρηση αντικειμένων που θα εκτελούν κίνηση Stokes. Τα πιο μικρά στερεά που βρίσκετε είναι κάτι μπίλιες από silica gel που είχατε στην τσέπη του μπουφάν σας διαμέτρου 2 χιλιοστών. Το πρόβλημα είναι ότι η πυκνότητα αυτού του υλικού είναι 700 kg/m^3 (μικρότερη από την πυκνότητα των ρευστών).

Πίνακας 1. Ιδιότητες ρευστών

Ρευστό	$\rho \text{ (g/ml)}$	$\mu \text{ (mPa s) @ } 20^\circ\text{C}$
PEG 200	1.124	60-67
PEG 300	1.13	88-96
PEG 400	1.128	105-130

Πίνακας 2. Δεδομένα χρόνων για κάλυψη απόστασης 1 m από τη μπίλια

Πείραμα	Χρόνος για κάλυψη απόστασης 1 μέτρου (s)
Δείγμα 1	100.3
Δείγμα 2	128.6
Δείγμα 3	115.7

Δύναμη Stokes: $F_{st} = 6\pi\mu R U_\infty$

Δύναμη άνωσης: $F_b = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_f g$

1. Περιγράψτε σύντομα πως θα στήσετε το πείραμα τώρα που η πυκνότητα της μπίλιας είναι μικρότερη από αυτήν του ρευστού.
2. Γράψτε την ισορροπία των δυνάμεων όταν το αντικείμενο πιάσει την οριακή ταχύτητα και λύστε ως προς το ιξώδες
3. Με βάση τους χρόνους που απαιτήθηκαν για να διανύσουν οι σφαίρες 1 μέτρο (Πίνακας 2) υπολογίστε τα ιξώδη του κάθε άγνωστου ρευστού. Υπολογίστε τον

αριθμό Re σε κάθε περίπτωση και ελέγξτε την ορθότητα της υπόθεσης για έρπουσα ροή (αρκεί $Re \ll 1$)