

Egy körkeresztmetszetű mikrofluidikai csatornába egy Y keverőn át *eluens oldat* ($\rho=1000\text{ kg/m}^3, \eta=8.9\cdot 10^{-4}\text{ Pa}\cdot\text{s}$), és desztillált vízbe kevert nagyon kevés *Pseudomonas aeruginosa* baktérium keveréke ($\rho_{\text{átl}}=1000\text{ kg/m}^3, \eta_{\text{átl}}=8.9\cdot 10^{-4}\text{ Pa}\cdot\text{s}, D_{\text{bakt}}=2.1\cdot 10^{-9}\text{ m}^2/\text{s}$) áramlanak be, a közös csatornában a folyadékfront átlagsebessége 1.5 cm/sec , a közös csatorna hossza 1 cm .

- Mekkora a csatorna keresztmetszete, ha a közös csatornában a Stokes típusú lamináris áramlás határhelyzete alakul ki?
- Legalább milyen hosszú közös csatorna szükséges a minta teljes keveréséhez?
- Alkalmas-e a célra példában vázolt struktúra? Ha nem, hogyan módosítaná a struktúrát?

Megoldás

a) Mivel a két folyadék paraméterei azonosak és a baktérium koncentráció elhanyagolható, a Reynolds szám úgy számolható, mintha csak egy folyadék lenne. A Stokes típusú áramlás határhelyzeténél $Re = 1$ tehát

$$Re = \frac{\rho v D}{\eta} \rightarrow D = \frac{Re \eta}{\rho v} = \frac{18.9 \cdot 10^{-4}}{1000 \cdot 1.5 \cdot 10^{-2}} = 60 \mu\text{m} \quad \text{a közös csatorna keresztmetszete.}$$

b) Legrosszabb esetben $x=0$ helyen a csatornafalnál haladó baktériumnak a keverés végére a két réteg határára, tehát a csatorna középvonalába kell diffundálnia. Tudjuk, hogy a diffúziós idő és hossz között négyzetes arányosság áll fenn:

$$t_D = \frac{d_d^2}{D_{\text{átl}}} \rightarrow l_{\text{kev}} > v_{\text{átl}} t_D = \frac{1.5 \cdot 10^{-2} \cdot (30 \cdot 10^{-6})^2}{2.1 \cdot 10^{-9}} = 0.64 \text{ cm szükséges.}$$

c) Mivel 1 cm -es közös csatornahossz áll rendelkezésre, és 0.64 cm szükséges, a vázolt struktúra megfelelő a célra. Előfordulhat viszont, hogy valaki elkövet egy gyakori hibát: a képletben a diffúziós hossz 30 mikronja helyett véletlenül 60 mikron ír be. Ezesetben 2.57 cm keveredési hossz jön ki, ami viszont már nem elég. A módosítások lehetnének:

- Többágú csatorna használata
- Az áramlási sebesség növelése, mivel ekkor a csatornaszélesség csökken, és a képletben ez négyzetes súllyal szerepel
- Azonos áramlási sebesség mellett (persze ekkor az a) pont nem igaz de ezt elhanyagolhatjuk) a csatornaszélesség csökkentése
- Azonos csatorna mellett az áramlási sebesség csökkentése
- Kanyarodó (meander) csatornastruktúra használata

Ha a b) valamiért nem stimmel de a c) jó (legalább egy pontosan szerepel a fentiekből), a maximális pontszám jár. Ha a b) jó de a c)-ben is rendes indoklás mellett még írt jó dolgokat, adható bónusz pont. Ha a c)-ben rossz az indoklás (tehát a b) jó, de mégis azt mondja hogy nem megfelelő a struktúra), nem adható plusz pont. Ha az a)-t rontotta el, de a b) és c) is jó, a fele pontszám adható.