

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

VAJE IZ BIOTEHNOLOGIJE

2. VAJA – PRENOS KISIKA V SISTEMU PLIN - KAPLJEVINA

Ljubljana, 29. 10. 2007

1. NALOGA

V laboratorijskem stolpnem bioreaktorju določiti volumenski koeficient snovnega prestopa kisika $k_{L,a}$ pri različnih linearnih hitrostih zraka v_g z dinamično metodo absorpcije kisika iz zraka.

2. OSNOVE

Pri prenosu snovi gre za premik ene komponente v drugi, ki lahko poteka z difuzijo ali s konvekcijo. Difuzija poteka zaradi neenakomerne porazdelitve koncentracije snovi na fazni meji, konvekcija pa je vezana na turbolentno gibanje tekočine ob fazni meji z drugo snovjo. Vzporedno s konvektivnim prenosom snovi poteka tudi difuzija, vendar lahko le to zanemarimo, če gre za intenzivno konvekcijo, saj je v primerjavi z njo prispevek difuzije majhen.

k_L je koeficient snovne prestopnosti pri prestopu neke snovi skozi film kapljevine ob fazni meji med plinom in kapljevino. Snovna prehodnost K_L je definirana kot

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{He \cdot k_G}$$

K_L	snovna prehodnost [m/s]
k_L	koeficient snovne prestopnosti za film kapljevine [m/s]
k_G	koeficient snovne prestopnosti za film plina [kg/m ² s Pa]
He	Henryjeva konstanta [Pa m ³ /kg]

Pri $k_G > k_L$ (He velika) velja $K_L = k_L$ in

$$w_A = k_L a \cdot (C_A^* - C_A) \cdot V$$

w_A	snovni tok komponente A [kg/s]
$k_{L,a}$	volumenski koeficient snovnega prestopa [s ⁻¹]
a	specifična površina [m ² /m ³]
C_A^*	topnost komponente A v kapljevini [kg/m ³]
C_A	koncentracija komp. A v kapljevini [kg/m ³]

$k_{L,a}$ se lahko napove po korelaciji:

$$k_{L,a} = b \cdot v_g^n$$

v_g	volumenski pretok zraka na enoto preseka reaktorja [m/s]
b	eksperimentalno določen koeficient za različne sisteme in je 0,47 za sistem voda-zrak v homogenem tokovnem režimu za distributor – obroč z luknjicami
n	eksperimentalno določen eksponent za različne sisteme in je 0,8 za zgoraj opisani sistem

Koncentracijo kisika v kapljevini merimo s kisikovo elektrodo z dinamično (razplinjevalno) metodo (koncentracija kisika v kapljevini se spreminja s časom) brez prisotnosti mikroorganizma. Odziv elektrode ima določeno zakasnitev, ki jo lahko eksperimentalno določimo v obliki k_p – **konstanta elektrode** [s⁻¹] (za predpostavljen odziv 1. reda), ki je obratna vrednost časa, ki je potreben za 63 % maksimalnega odziva.

Za dejansko spreminjanje konc. kisika v kapljevini zapišemo

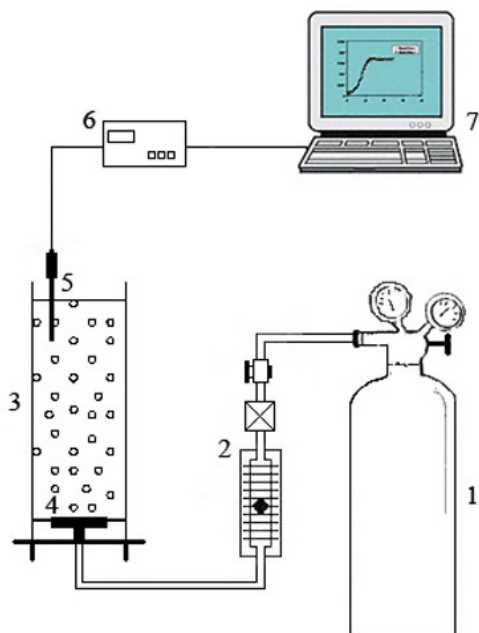
$$\frac{dC}{dt} = k_L a \cdot (C^* - C),$$

za spremembo konc. kisika, ki jo beležimo preko elektrode pa pri čemer je C_p odziv elektrode.

$$\frac{dC_p}{dt} = k_p \cdot (C - C_p),$$

V primeru, da je $k_{L,a} > k_p$ ima zakasnitev elektrode velik vpliv na potek merjene koncentracije kisika, če pa je $k_{L,a} < k_p$ je razlika med dejansko in merjeno koncentracijo kisika majhna.

3. APARATURA



Legenda:

- 1 – jeklenki z dušikom in zračnim kisikom
- 2 – merilec pretoka plinov z regulacijskim ventilom
- 3 – stolpni bioreaktor
- 4 – distributor plinov
- 5 – kisikova elektroda
- 6 – merilec kisika
- 7 – računalnik

4. MERITVE IN RAČUNI

$$d = 10 \text{ cm} \quad r = 5 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$

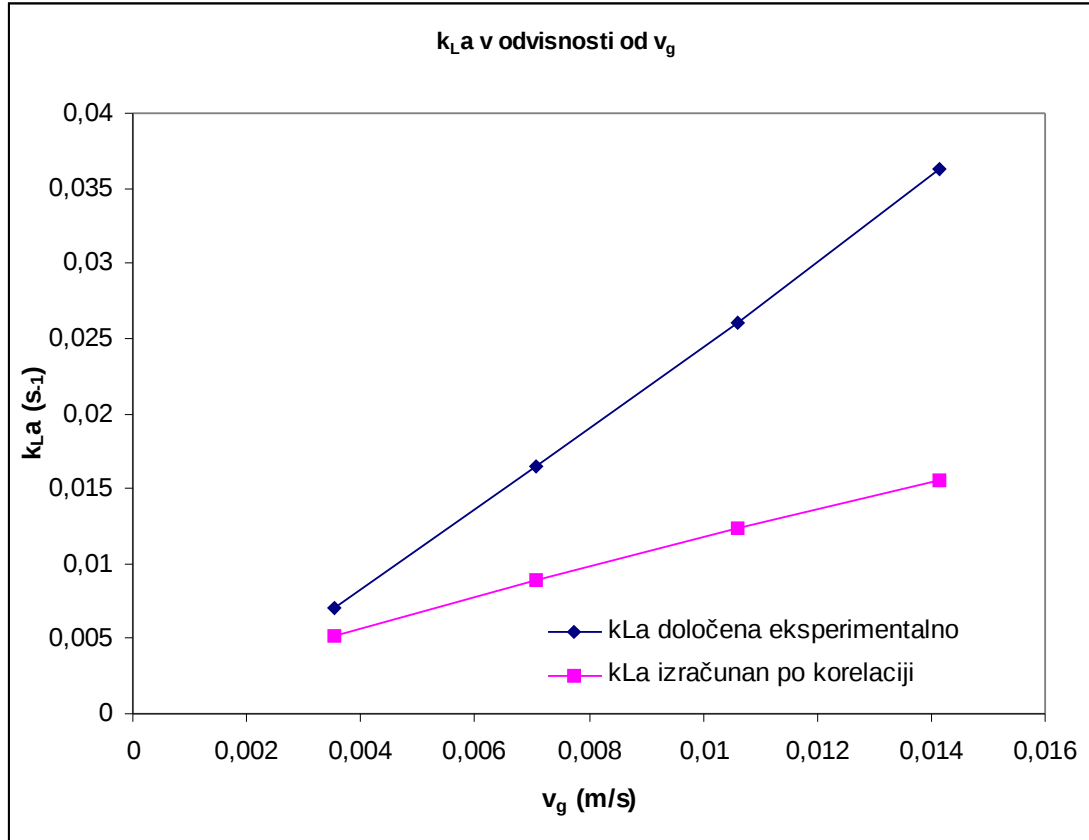
$$S = \pi r^2 \quad v_g = \Phi_g / S$$

$$k_p = 0,216242298 \text{ s}^{-1}$$

Meritev za k_p smo ponovili dvakrat in tudi drugič dobili popolnoma enak rezultat kot prvič.

Φ_g [L/h]	v_g [m/s]	višina vode [m]	k_{La} [s ⁻¹] (dobljena eksperimentalno)	k_{La} [s ⁻¹] (izračunan po korelaciji)
100	0,003536776	0,751	0,00703	0,00514
200	0,007073553	0,722	0,01620	0,00895
300	0,010610330	0,733	0,02480	0,01238
400	0,014147107	0,741	0,03630	0,01558

5. REZULTATI



Kot vidimo iz zgornjega grafa k_{La} linearno narašča z v_g . Vidimo, da je k_{La} izračunana eksperimentalno večja od tiste izračunane po korelaciji $k_{La} = b \cdot v_g^n$. S povečanjem pretoka zraka se je velikost mehurčkov malo spremenila, povečalo se je njihovo število in s tem specifična površina a oz. k_{La} .