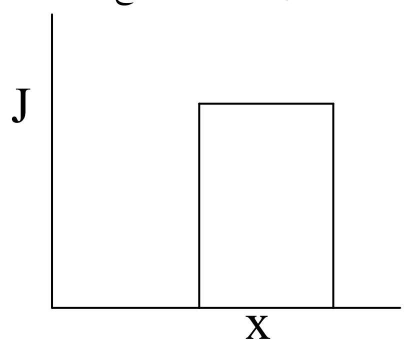
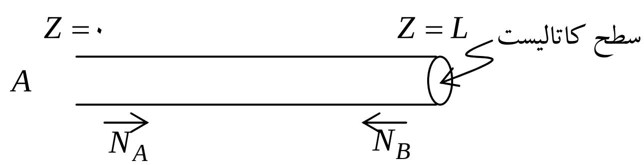
۲۱-۱

$$J_A = c_A\left(u_A - u\right) = -cD_{AB}\nabla x_A$$
$$J_B = c_B\left(u_B - u\right) = -cD_{BA}\nabla x_B$$
$$D_{AB} = \frac{J_A}{-c\nabla x_A} \qquad D_{AB} = D_{BA}$$
$$\left(u_A - u_B\right) = -D_{AB}\nabla \log\frac{x_A}{x_B}$$

۲۴-۱ می توان محفظه ای را در نظر گرفت که دیواره ای متخلخلآن را به دو قسمت تقسیم کرده است. از هم جدا شده اند. غلظت ماده A در قسمت چپ محفظه بیشتر از غلظت ماده در محفظه سمت راست است. اگر محفظه ها خیلی بزرگ باشند و در هر محفظه با همزن های خیلی قوی اختلاط کامل برقرار شود توزیع غلظت شبیه شکل داده شده می باشد.



۲۵-۱



$$A = C_{۲}H_{۲}$$
$$B = C_{۶}H_{۶}$$

از استوکیومتری واکنش داریم:

$$\frac{N_A}{-۳} = \frac{N_B}{۱} \Rightarrow \vec{N}_A = -\vec{N}_B$$
$$\vec{N}_t = \vec{N}_A + \vec{N}_B = N_A - \frac{۱}{۳}N_B = \frac{۲}{۳}N_A$$

در شرایط پایا
$$N_A = -D_{AB}C\frac{dx_A}{dz} + x_A N_t \Rightarrow N_A\left(۱ - \frac{۲}{۳}x_A\right) = -D_{AB}C\frac{dx_A}{dz}$$

$$N_A\int_{۰}^{L} dz = N_A.L = \frac{۳}{۲}C.D_{AB}.\ln\left[\frac{۱-\frac{۲}{۳}x_{A_L}}{۱-\frac{۲}{۳}x_{A_۰}}\right]$$

$$x_{A_۰}=۱ \qquad x_{A_L}=۰$$

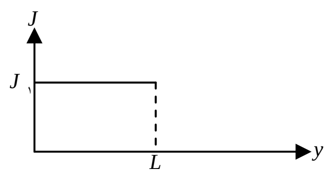
$$C=\frac{P}{RT}=\frac{۱/۰۱۳\times۱۰^{۵}}{۸۳۱۴(۳۰۰)}=۴/۰۶۱\times۱۰^{-۲}\ mol/m^{۳}$$

$$D_{AB}=۸\times۱۰^{-۲}cm^{۲}/s=۸\times۱۰^{-۶}\ m^{۲}/s$$

$$N_A=\frac{۱/۵\left(۸\times۱۰^{-۶}\right)\left(۴/۰۶۱\times۱۰^{-۲}\right)}{۰/۱۵}\ln\frac{۱}{\frac{۱}{۳}}=۳/۵۶۹\times^{-۶}\ kmol/m^{۲}.s$$

$$N_B=-\frac{۱}{۳}N_A=۱/۱۸۹۷\times۱۰^{-۶}\ lb.mol/m^{۲}.s$$

۲۶-۱ $$J_{۱}=-D\frac{\partial C_{۱}}{\partial y}$$



۲۷-۱ اثبات رابطه $\frac{\partial C_1}{\partial t}=D\left(\frac{\partial^2 C_1}{\partial^2 t}+\frac{1}{A}\frac{\partial A}{\partial z}\frac{\partial C_1}{\partial z}\right)$

موازنه جرم در شرایطی که سطح انتقال جرم ثابت نباشد، به صورت زیر نوشته می شود:

جرم خروجی در واحد زمان $-$ جرم ورودی در واحد زمان = ترم تجمع در واحد زمان

$$A.\Delta z.\frac{\partial(C_{۱})}{\partial t}=A.N_{۱}\big|_{z}-A.N_{۱}\big|_{z+\Delta z}$$

$$\frac{\partial(C_{۱})}{\partial t}=\frac{۱}{A}\frac{\left(A.N_{۱}\big|_{z}-A.N_{۱}\big|_{z+\Delta z}\right)}{\Delta z}=-\frac{۱}{A}\frac{\partial(A.N_{۱})}{\partial z}$$

$$N_{۱}=-D\frac{\partial C_{۱}}{\partial z}$$

$$\frac{\partial(C_{۱})}{\partial t}=-\frac{۱}{A}\left[\frac{\partial}{\partial z}\left(-AD\frac{\partial C_{۱}}{\partial z}\right)\right]$$

$$\frac{\partial(C_{۱})}{\partial t}=\frac{۱}{A}D\left(A\frac{\partial^{۲}(C_{۱})}{\partial^{۲}z}+\frac{\partial A}{\partial z}\frac{\partial C_{۱}}{\partial z}\right)$$

$$=D\left(\frac{\partial^{۲}(C_{۱})}{\partial^{۲}z}+\frac{۱}{A}\frac{\partial A}{\partial z}\frac{\partial C_{۱}}{\partial z}\right)$$

۲۹-۱

شار جرمی کل جزء ۲ چقدر است؟ $n_۲ = \rho_۲ U_۲ = \omega_۲ \rho_t U_۲$

شار جرمی جابجایی جزء ۲ نسبت به سرعت جرمی متوسط چقدراست؟

$$\sum \omega_i U_i = U \text{ , } \omega_۲ \rho_t = \rho_۲ \Rightarrow convective \text{ flux}=\rho_۲ U = \omega_۲ \rho_t \sum \omega_i U_i$$

شار جرمی نفوذی جزء ۲ نسبت به سرعت جرمی متوسط $j_2 = \omega_2 \rho_t \left[U_2 - \sum_{i=1}^{5} \omega_i U_i \right]$

سرعت جرمی متوسط $U = \sum_{۱}^{۵} \omega_i U_i$

۳۰-۱

Property	Unit	N_2	H_2	NH_3	Total
m_i	kg	3.00	0.40	1.50	4.90
M_i	kg / kmol	28.0	2.0	17.0	12.45
n_i	kmol	0.107	0.200	0.088	0.395
x_i	-	0.272	0.504	0.224	1
ρ_i	kg /m³	0.600	0.080	0.300	0.980
c_i	kmol /m³	0.021	0.040	0.018	0.079
p_i	kPa	66.45	123.1	54.66	244.2

۳۱-۱

پاسخ:گزینه ۱ $CH_4 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

چون منبع تامین اکسیژن فاز جامد است،در معادله استوکیومتری وارد نمی شود.همه اجزاء واکنش در فاز گاز هستند.

$$\frac{N_{CH4}}{-1} = \frac{N_{CO_2}}{1} = \frac{N_{H_2O}}{2}$$

$$\sum N_i = N_{CH_4} + N_{CO_2} + N_{H_2O}$$

$$N_A / \sum N \Rightarrow N_A / (N_A - N_A - 2N_A) = -\frac{1}{2}$$

۳۲-۱

$$\rho\left[\frac{\partial \omega_i}{\partial t}+\mathbf{v}\cdot\nabla\omega_i\right]=-\nabla\cdot\mathbf{j}_i+r_i \xrightarrow{\text{summing}} \boxed{\sum r_i=0}$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t}=-\nabla\cdot\mathbf{N}_i+R_i \xrightarrow{\text{summing}} \boxed{\frac{\partial c}{\partial t}=-\nabla\cdot\mathbf{N}_T+\sum R_i}$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t}+\nabla\cdot(c_i\mathbf{v})=-\nabla\cdot\mathbf{J}_i+R_i \xrightarrow{\text{summing}} \boxed{\frac{\partial c}{\partial t}+\nabla\cdot c\mathbf{u}=+\sum R_i}$$

۱-۳۳ پخش شدن دود بالای دودکش معرف انتقال جرم جابه جایی وهم نفوذی می باشد. دود به سمت بالا می رود چون به خاطر اختلاف دانسیته ی ناشی از اختلاف دما حرکت جابه جایی به سمت بالا را دارد.علاوه براین در جهت بالا به خاطر اختلاف غلظت دود، انتقال جرم نفوذی هم انجام می شود. اما دود در جهت افقی هم حرکت می کند که فقط ناشی از اختلاف غلظت دود در نقاط مختلف در جهت افقی است یعنی انتقال جرم نفوذی در جهت افقی داریم.بنابراین اگر قانون فیک نمی داشتیم دود فقط به صورت ستونی بالا می رود.

۲-۱۴

فشار هوا $۲۰^\circ C$, $۱۰۱/۳۲۵ kPa$

$$L=۰/۱ m \qquad V=۱۰\times۱۰^{-۴} m^۳ \qquad\qquad D=۰/۰۰۱ m$$

$$D_{AB}=۱/۴۲\times۱۰^{-۵}\left(\frac{۲۹۳}{۲۷۰}\right)^{۱/۵}=۱/۴۲\times۱۰^{-۵}\left(۱/۰۶۳\right)^{۱/۵}=۱/۵۴۴\times۱۰^{-۵}\ m^۲/s$$

A را $CO_۲$ می گیریم

$$N_A=-D_{AB}C\frac{dx_A}{dy}=D_{AB}C\frac{x_{A_\circ}-x_{AL}}{L}$$

$$N_A=-\frac{۱}{A}\frac{dM_A}{d\theta}=-\frac{۱}{A}V.C\frac{dx_A}{d\theta}$$

$$N_A=D_{AB}C.\frac{x_{A_\circ}}{L}=-\frac{۱}{A}V.C\frac{dx_{A_\circ}}{d\theta}$$

$$\int_۰^\theta d\theta=-\frac{VL}{D_{AB}A}\int_{x_{A_{\circ i}}}^{x_{A_f}}\frac{dx_{A_\circ}}{x_{A_\circ}}\Rightarrow\theta=\frac{VL}{D_{AB}A}\ln\frac{x_{A_\circ,i}}{x_{A_{\circ f}}}$$

$$=\frac{\left(۱\times۱۰^{-۴}\right)\left(۰/۱\right)}{\left(۱/۵۵۴\times۱۰^{-۵}\right)\left(\frac{\pi}{۴}\times۱۰^{-۶}\right)}\ln\frac{۱}{۰-۵}\quad=\frac{۴\times۱۰^{۶}\times۰/۶۹۳}{۱/۵۵۴\times\pi}\quad=۵/۶۸\times۱۰^{۵}s\quad=۱۵۷/۵h$$

۲-۱۶ آب چون پس از تشکیل به سمت دیگر غشا می رود،پس در قسمتی که واکنش انجام می شود وجود ندارد:

$$\frac{N_C}{N_A+N_B+N_C}=\frac{N_C}{-N_C-N_C+N_C}=-1 \quad \Rightarrow \quad N_A=N_B=\frac{N_C}{-1}$$

۱۷-۲ (د) : دیدیم N_A ثابت است از طرفی داریم :

$$N_A = J_A + x_A(N_A + N_B) \quad \Rightarrow N_A = J_A + x_A N_A$$

$$N_A=-D_{AB}C\,\frac{dx_A}{dz}+x_A N_A \Rightarrow N_A=-\frac{D_{AB}C}{۱-x_A}\frac{dx_A}{dz}=C_۱$$

$$\Rightarrow \frac{dx_A}{۱-x_A}=C_۱ dz \quad \Rightarrow \quad -\ln\left(1-x_A\right) = C_1 z + C_2$$

۱۸-۲ (ج) : المانی به ضخامت dz انتخاب کنید. از موازنه جزء A در این المان برای حالت پایا داریم:

$$N_A.S\big|_z - N_A.S\big|_{z+dz}=۰$$

$$\frac{dN_A}{dz}=۰ \Rightarrow N_A = \text{ثابت}$$

۱۹-۲ قانون فیک می گوید چون گرادیان غلظت وجود دارد از این رو شار انتقال اکسیژن به آب وجود خواهد داشت.چون غلظت در جهت x و y ثابت است می توان فلاکس اکسیژن را به صورت زیر نوشت.

$$q_z=-D\frac{dC}{dz}$$

$$\frac{dC}{dz}=-(C_{sat}-C_1)\frac{d}{dz}\left[\operatorname{erf}\left(\frac{z}{\delta\sqrt{۲}}\right)\right]$$

$$=-\frac{۲}{\sqrt{\pi}}\frac{\left(C_{sat}-C_1\right)}{\delta\sqrt{۲}}e^{-\left(\frac{z}{\delta\sqrt{۲}}\right)^{۲}}$$

در سطح دریاچه که z برابر صفر است فلاکس برابر است با

$$q_z=\left(C_{sat}-C_1\right)\frac{D\sqrt{۲}}{\delta\sqrt{\pi}}$$

برای محاسبه ی کل جرم انتقالی می بایستی فلاکس را در سطح دریاچه ضرب کرد که اگر برابر A_1 باشد در آنصورت نرخ کل فلاکس اکسیژن برابر است با

$$\overset{o}{m}=۳۲A_1\left(C_{sat}-C_1\right)\frac{D\sqrt{۲}}{\delta\sqrt{\pi}}$$

۲۰-۲

الف) هوا فاز ساکن می باشد در نتیجه $N_B=۰$

$$N_A=y_A(N_A+N_B)-D_{AB}\frac{dC_A}{dZ}\Rightarrow(1-y_A)N_A=C_T D_{AB}\frac{dy_A}{dZ}$$

D_{AB} را برای سهولت D می گیریم.

$$\int_{y_{A2}}^{y_{A1}} \frac{dy_A}{1-y_A} = \frac{N_A}{C_T D}\int_{z=0}^{z=L} dz \Rightarrow N_A = \frac{C_T D}{L}\ln\frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}$$

$$N_A = \frac{C_T D}{L}\ln\frac{y_{B2}}{y_{B1}} = \frac{C_T D}{L}\ln\frac{C_{B2}}{C_{B1}}$$

$$C_{Bm} = \frac{C_{B2}-C_{B1}}{\ln\frac{C_{B2}}{C_{B1}}} \rightarrow \ln\frac{C_{B2}}{C_{B1}} = \frac{C_{B2}-C_{B1}}{C_{Bm}}$$

$$\frac{C_{B2}-C_{B1}}{C_{Bm}} = \frac{((C-C_{A2})-(C-C_{A1}))}{C_{Bm}} = \frac{(C_{A1}-C_{A2})}{C_{Bm}}$$

$$N_A = (\frac{C_T D}{L})\frac{(C_{A1}-C_{A2})}{C_{Bm}} \Rightarrow N_A = D(\frac{C_T}{L})(\frac{(C_{A1}-C_{A2})}{C_{Bm}})$$

اما در نقطه ۱ یعنی سطح مایع، بخار استن داریم بنابراین $C_{A۱} = C_A = \frac{C_T . p_A^{*}}{P}$ است و در نقطه ۲ به خاطر جریان هوا هیچ استنی نداریم و $C_{A2} = 0$ است پس $N_A = D(\frac{C_T}{C_{Bm}})(\frac{C_A}{L})$

ب)

$$L^2 - L_o^2 = (L-L_0)(L+L_0) = (L-L_0)(L-L_0+2L_0) = \left(\frac{2MD}{\rho_L}\right)\left(\frac{C_A C_T}{C_{Bm}}\right)t \qquad (3)$$

ثابت معادله را به صورت زیر در نظر میگیریم

$$a = (\frac{2MD}{\rho_L})(\frac{C_A C_T}{C_{Bm}})$$

خواهیم داشت :

$$(L-L_0)(L-L_0+2L_0) = at$$

$$\frac{at}{L-L_0} = (L-L_0) + 2L_0$$

$$\frac{t}{L-L_0} = \frac{L-L_0}{a} + \frac{2L_0}{a}$$

حال مقدار a را جایگذاری می کنیم و به رابطه ۵ میرسیم

$$\frac{t}{L-L_0} = (\frac{\rho_L}{2MD})(\frac{C_{Bm}}{C_A C_T})(L-L_0) + (\frac{\rho_L}{MD})(\frac{C_{Bm}}{C_A C_T})L_0$$

ج)چون، در رابطه ۵ ضریب نفوذ رامی توان هم از طریق شیب نمودار و هم از طریق عرض از مبداء بدست آورددر نتیجه ضریب نفوذ از دو طریق محاسبه شده و دقت بیشتری خواهد داشت.

د)فرض شده گاز ما ایده آل بوده و حجم مولی آن برابر با حجم مولی گاز ایده آل می باشد.

س)

$$T = 40\,^0C + 273\,^0C = 313K \qquad P^* = 56\ kN/m^2$$

$$\rho_L = 790\ kg/m^3 \qquad 22/4\ m^3/kmol = \text{حجم مولی}$$

$$58\ kg/mol = \text{وزن مولکولی}$$

$$C_T = C_{B1} \qquad C_T = \left(\frac{1}{22/4}\right)\left(\frac{273}{313}\right) = 0/0389$$

$$C_{B2} = \left(\frac{101/3\times10^{۳} - 56\times10^{۳}}{۱۰1/3\times10^{۳}}\right)\times ۰/۰389 = ۰/۰174$$

$$C_{Bm} = \frac{(0/0389 - 0/0174)}{\ln\left(\frac{0/0389}{0/0174}\right)} = 0/0267$$

$$C_A = \left(\frac{56\times10^{3}}{101/3\times10^{3}}\right)\times 0/0389 = 2/1784\times10^{3}$$

$$D = \frac{(\rho_L C_{Bm})}{(2MC_A C_T)(SLOPE)}$$

$$D = \frac{(790\times0/0267)}{\left(2\times58\times2/1784\times10^{3}\times0/0389\right)(5/17\times10^{-3})} = 0/415$$

۱۰-۳

D_{AB} را از فرمول ۳-۱ محاسبه می کنیم. داریم:

$$D_{AB}=۱۰^{-۳}\frac{T^{۱/۷۵}\left[\frac{۱}{M_A}+\frac{۱}{M_B}\right]^{\frac{۱}{۲}}}{P\left[\left(\sum_A V_i\right)^{\frac{۱}{۳}}+\left(\sum_B V_i\right)^{\frac{۱}{۳}}\right]^{۲}}=\frac{۱۰^{-۳}\left(۳۰۰\right)^{۱/۷۵}\left[\frac{۱}{۲۶}+\frac{۱}{۷۸}\right]^{\frac{۱}{۲}}}{۱\left[\left(۲\times ۱۶/۵+۲\times ۱/۹۸\right)^{\frac{۱}{۳}}+\left(۶\times ۱۶/۵+۶\times ۱/۹۸\right)^{\frac{۱}{۳}}\right]}$$

$$=۸\times ۱۰^{-۲}\,cm^{۲}/s=۸\times ۱۰^{-۶}\,m^{۲}/s$$