

Газдардың диффузиясы

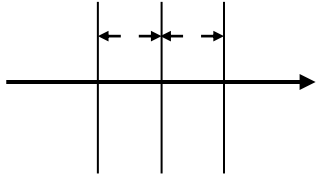
Диффузия процесінде тасымалданушы шама m масса болады. Ортасы кранмен жалғасқан екі ыдыс алайық. Біреуінде A газ, екіншісінде B газ болсын. (газдар химиялық әсерлесуге түспейді деп есептелсін). Бұл газдардың молекулаларының эффектілік диаметрлері, массалары, жылдамдықтары, еркін қозғалыс жол ұзындығы бірдей болсын. dS ауданы арқылы $d\tau$ уақыт ішінде диффузияланушы массаны есептейік. (2.11-сурет). dS ауданы арқылы солдан оңға қарай (не оңнан солға қарай) осы ауданнан қашықтығы еркін қозғалыс жол ұзындығындай аралықтағы молекулалар өтеді. dS ауданынан қашықтығы еркін жол ұзындығынан үлкен болатын қашықтықтағы молекулалар басқа молекулаларға соқтығып, dS ауданынан басқа жаққа ауытқып кетеді.

Тасымалдау тендеуі бойынша диффузиялаушы масса

$$dM = \frac{1}{6} \vartheta m (n_1 - n_2) dS \cdot d\tau \quad (2.39)$$

формуласымен анықталады. Бұл формуладағы $(n_1 - n_2)$ – газ концентрациясының өзгерісі. dS ауданының оң және сол жағындағы газ концентрациясының өзгерісі

$$n_2 - n = \frac{dn}{dx} \lambda \quad \text{және} \quad n - n_1 = \frac{dn}{dx} \lambda$$



2.11-сурет – Газдар диффузиясы

болады. Бұл теңдіктерді қоссақ

$$n_2 - n_1 = 2 \frac{dn}{dx} \lambda \quad (2.40)$$

$$dM = -\frac{1}{3} \rho m \frac{dn}{dx} \lambda \cdot dS \cdot d\tau \quad (2.41)$$

теңдігін аламыз, мұндағы $\frac{d\rho}{dx} = \frac{m dn}{dx}$ – тығыздық градиенті делінеді.

Фиктің эксперименттік заңымен

$$dM = -D \frac{d\rho}{dx} dS d\tau$$

салыстырып

$$D = \frac{1}{3} g \lambda \quad (2.42)$$

диффузия коэффициентін анықтаймыз, мұндағы g – молекулалардың орташа жылдамдығы; λ – орташа еркін қозғалыс жолының ұзындығы. $\lambda \approx \frac{1}{P}$, ал g қысымға байланысты болмайды, ендеше формула бойынша

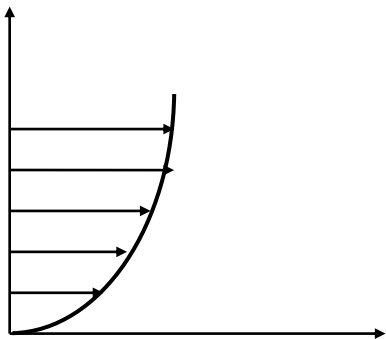
$$D \approx \frac{1}{P} \text{ байланысы бар}$$

Газдардағы ішкі үйкелісі

Ньютон заңы бойынша ішкі үйкеліс күші мына формуламен анықталады:

$$dF = -\eta \frac{du}{dx} dS \quad (2.43)$$

мұндағы u – газ қабатының ағыс жылдамдығы;

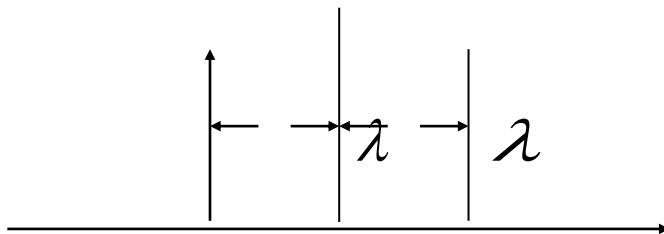


2.12-сурет – Жылдамдықтар градиенті

$\frac{du}{dS}$ – жылдамдық градиенті; dS газ қабатының арасындағы қабаттасушы аудан.

Жылдам қозғалатын қабат баяу қозғалатын қабатқа үдетуші күшпен әсер етеді. Ал баяу қозғалатын қабат жылдам қозғалатын қабатқа тежеуші күшпен әсер етеді (2.12-сурет). Осы күштерді ішкі үйкеліс күштері дейді.

Көршілес қабаттар бір қабаттан екінші қабатқа импульс беру арқылы әсер етеді. Молекулалық – кинетикалық теория бойынша жылдам қозғалатын қабаттағы молекула баяу қозғалатын қабатқа өткенде



үдетуші импульс әкеледі, ал баяу қозғалатын қабаттан жылдам қозғалатын қабатқа өткен молекула тежеуші импульс әкеледі ($u_2 > u_1$). dS ауданы арқылы тасылатын импульсті есептейік. Молекулалар ретсіз жылулық қозғалыста болғандықтан барлық молекулалардың $\frac{1}{3}$ – і x – өсі бойынша және осының жартысы солдан оңға қарай (өсінің оң бағыты) қозғалсын (2.13-сурет).

2.13-сурет – Газдардың ішкі үйкелісі

Барлық молекулалардың жылулық қозғалыс жылдамдықтары мен концентрациялары бірдей болсын делік. dS ауданы арқылы одан қашықтығы еркін қозғалыс жол ұзындығы l –дан кіші болатын молекулалар өте алады. Молекулалардың таситын шамасы $K = mu$ импульс. Онда тасымалдау теңдеуі төмендегідей болады

$$dK = \frac{1}{6} n \vartheta \cdot m(u_1 - u_2) dS \cdot d\tau \quad (2.44)$$

мұнда $u_1 - u_2$ – қабаттар аралығындағы жылдамдық өзгерісі. (2.44) – сурет бойынша dS ауданынан λ қашықтықтағы молекулалардың ағыс жылдамдығының өзгерісі $u_2 - u_1 = \frac{du}{dx} \lambda$ және $u - u_1 = \frac{du}{dx} \lambda$ болады.

Бұларды бір-біріне қосып

$$u_2 - u_1 = \frac{2du}{dx} \lambda \quad (2.45)$$

табамыз (2.45) формуланы (2.46) формулаға қойсақ:

$$dK = -\frac{1}{3} g \cdot \lambda \cdot \rho \frac{du}{dx} dS \cdot d\tau \quad (2.46)$$

болып шығады. Бұл теңдіктегі $\rho = mn$ – тығыздық., $dK = dFd\tau$ импульс өзгерісі. (2.47) – ні ескерсек

$$dK = -\eta \frac{dU}{dx} dS \cdot d\tau \quad (2.47)$$

болады. (2.47) және (2.48) формулаларды салыстырып

$$\eta = \frac{1}{3} g\lambda\rho \quad (2.48)$$

ішкі үйкеліс коэффициентін анықтауға болады. $\lambda \approx \frac{1}{P}$, $\rho \approx P$ болғандықтан z қысымға байланыссыз болады. Мұны былай түсіну керек: қысым P азайғанда көлем бірлігіндегі молекулалар саны n азаяды, бірақ қысымның азаюымен бірге еркін қоғалыс жол ұзындығы артады. Бұл жағдай dS ауданға алыс қабаттағы молекулалардың ешбір соқтығысуға ұшырамастан келуін қамтамасыз етеді.

Бір-біріне қарсы осы екі жағдайдың нәтижесінде бір қабаттан екінші қабатқа тасылатын импульс тұрақты болады.

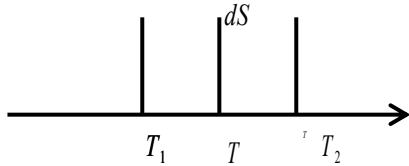
Газдардың жылу өткізгіштігі

Жылу өткізгіштік құбылысында газдың бір қабатынан екінші қабатына тасылатын шама энергия болады

$$\psi = \frac{i \cdot kT}{2}$$

мұндағы i – молекулалардың еркіндік дәреже саны; T – газ температурасы; k – Больцман тұрақтысы. Газ қабаттарының температурасы T_1 және T_2 болсын (2.14-сурет).

Температуралар айырымы



2.14-сурет – Газдардың жылу өткізгіштігі

$$T_2 - T_1 = \frac{2dT}{dx} \lambda \quad (2.49)$$

болады. Тасымалдау теңдеуін мына түрде жазамыз

$$dQ = \frac{1}{6} n \vartheta \frac{i \cdot k}{2} (T_1 - T_2) dS d\tau \quad (2.50)$$

$$nm = \rho \quad (2.51)$$

$$mN = \mu, \quad (2.52)$$

мұндағы m – бір молекуланың массасы; n – концентрациясы; N – Авогадро саны; μ – молярлық масса; c – газ тығыздығы.

(2.51) және (2.52) формулаларынан

$$n = \frac{N\rho}{\mu} \quad (2.53)$$

$\frac{i \cdot k \cdot n}{2}$ өрнегін түрлендірейік. Больцман тұрақтысын $k = \frac{R}{N}$ және (2.54) формуласын пайдаланып $\frac{ikn}{2} = \frac{iRN\rho}{2N\mu} = \frac{iR}{2\mu}$ деп жазамыз.

$C_v = \frac{iR}{2}$ – тұрақты көлемдегі молярлық жылу сыйымдылығы; $C'_v = \frac{C_v}{\mu}$ – тұрақты көлемдегі меншікті жылу сыйымдылығы. Ендеше

$$\frac{ikn}{2} = C'_v \rho \quad (2.55)$$

деп жазуға болады. (2.53) формулаға (2.54), (2.55) –ды қоямыз:

$$dQ = -\frac{1}{6} g C'_v \rho \cdot 2 \cdot \frac{dT}{dx} \lambda \cdot dS \cdot d\tau = -\frac{1}{3} g \lambda \cdot \rho \cdot C'_v \frac{dT}{dx} dS \cdot d\tau \quad (2.56)$$

формулананы эксперименттік Фурье заңымен

$$dQ = -\chi \cdot \frac{dT}{dx} dS \cdot d\tau \quad (2.57)$$

салыстырып χ жылу өткізгіштік коэффициентін анықтаймыз:

$$\chi = \frac{1}{3} g \cdot \lambda \cdot \rho \cdot C'_v$$

формуладағы $\frac{dT}{dx}$ – температура градиенті делінеді.

Жылу өткізгіштік коэффициенті χ қысымға байланыссыз болады, себебі $l \sim \frac{1}{P}$ және $\rho \sim P$. Сонымен қатар орташа жылдамдық g және меншікті жылу сыйымдылық C'_v қысымға байланыссыз болады. Тасымалдау құбылыстарындағы тасымалданатын шамалар, тасымалдау теңдеулері, тасымалдау коэффициенттері 2-кестеде көрсетілген

2-кесте

Тасымалданушы шама	Тасымалдау құбылысы	Тасымалдау теңдеуі	Тасымалдау коэффициенті
Газ массасы	Диффузия	$dM = -D \frac{d\rho}{dx} dS d\tau$	$D = \frac{1}{3} g \lambda$
Импульс	Ішкі үйкеліс, тұтқырлық	$dk = -\eta \frac{du}{dx} dS d\tau$	$\eta = \frac{1}{3} g \lambda \rho$
Энергия	Жылу өткізгіштік	$dQ = -\chi \frac{dT}{dx} dS d\tau$	$\chi = \frac{1}{3} g \lambda \rho C'_v$

