

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСМОТИЧНОТО НАЛЯГАНЕ ЧРЕЗ ЕЛЕКТРОННА ВЕЗНА

Кирил Коликов*, Димо Христов**, Радка Колева*

*Пловдивски университет „П. Хилендарски“, Факултет по математика и информатика,
4003 Пловдив, България,

e-mail: kolikov@uni-plovdiv.bg, rkoleva@uni-plovdiv.bg

**Университет по хранителни технологии, Стопански факултет, 4002 Пловдив, България,
e-mail: dimohristozov@abv.bg

ABSTRACT

In our work we describe an osmometer by which the osmotic pressure is determined using an electronic scale – a basic element of the device. Using this osmometer we can easily determine the density of the osmotic flow through semipermeable membranes, in order to characterize these membranes. The obtained new formula for the magnitude of the osmotic pressure is valid for any concentration of solution. The proposed osmometer is easily realizable, useful for measuring and affordable.

Keywords: osmosis, osmometer, membrane, density of osmotic flow.

1. Въведение

Осмозата е едностранна дифузия на разтворител към разтвор, които са разделени чрез полупропусклива преграда – мембрана. Намалването масата, т.е. обема, на разтворителя и увеличаването масата, т.е. обема, на разтвора с течение на времето е характерна особеност на процеса осмоза. В даден момент време се получава равновесно състояние – височината на разтвора повече не се покачва, поради изравняване на наляганията от двете страни на мембраната. В това състояние разликата между хидростатичните налягания на разтвора и на разтворителя е измереното осмотично налягане [1, 2].

В [3] е описан тегловен осмометър, в който осмотичната клетка (съдът с разтвора) е окачена на едното рамо на лостова везна и е потопена в разтворителя. Недостатък на този осмометър е, че нарастването на обема на разтвора в осмотичната клетка води до повишено налягане на газа над разтвора, което влияе върху хода на осмотичния процес и по принцип не може да се отчете. Друг недостатък на този тегловен осмометър е, че има изпарение на разтворителя, който е отворен към атмосферата. Ще добавим още, че осмозата е бавен процес, а атмосферното налягане се изменя с времето.

За първи път в [4] е предложен везнови (барицентричен) метод и устройство за изследване на дифузията в течни прозрачни и непрозрачни среди. Развитата теория е пример за задълбочен подход към труден проблем, но описаното експериментално устройство е сложно и трудно реализуемо.

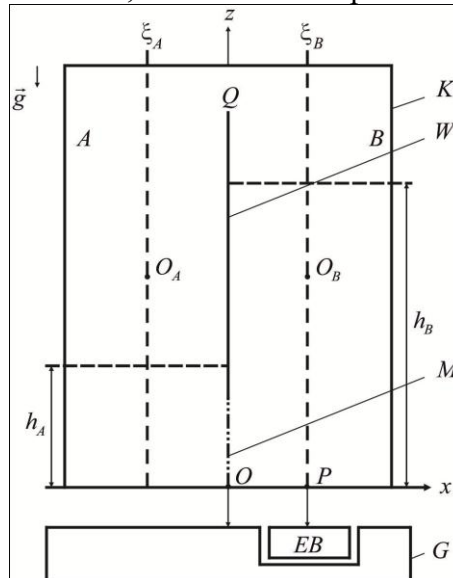
В [5] ние предлагаме нов тегловен осмометър, който е освободен от горните недостатъци. В настоящата работа даваме по-нататъшно развитие на този осмометър.

2. Устройство на тегловния осмометър

На Фиг. 1 е дадена примерна опростена схема на вертикално осево сечение на предлагания от нас нов тип тегловен осмометър, състоящ се от три основни части: корпус K , плот G и електронна везна EB , която е вградена в G . Корпусът K има форма на права четириъгълна призма и е направен от твърд материал, с еднаква дебелина на стените. Горната стена на K е капак. A и B са две еднакви по форма и обем камери на корпуса K , съответно за разтворителя и разтвора (Фиг. 1). Всяка от кухините A и B , имат квадратни основи с дължина на ръба l . Тези кухини са разделени с преградна стена W , която в долния край преминава в мембрана M , която пропуска разтворителя, а не пропуска молекулите на

разтвореното вещество. В горния край на W е направен отвор Q , който служи за изравняване на газовото налягане над разтворителя и разтвора, през цялото време на осмотичния процес.

Осмометърът на Фиг. 1 е затворена система, която не се влияе от атмосферните барометрични и температурни изменения, както и от изпарението на разтворителя.



Фиг. 1. Вертикално осево сечение на тегловен осмометър

3. Определяне на осмотичното налягане чрез масата на преминалия разтворител през мембраната

Въвеждаме декартова правоъгълна координатна система $Oxyz$, която е неподвижно свързана с плота G (Фиг. 1). Избираме вертикалната ос Oz за ос на симетрия на корпуса K . С точка O_A и точка O_B са означени, съответно, геометричните центрове на основите на A и B . Тези центрове лежат на вертикалните оси ξ_A и ξ_B – успоредни на Oz . При този избор абсцисите на O_A и O_B по големина са $|x_A| = |x_B| = \frac{l}{2}$. Точката O – началото на избраната координатна система, е точка на контакт между K и твърдата хоризонтална повърхност на плота G , а P от ξ_B е точката на контакт между дъното на K и плочата на EB .

Към корпуса K , по подходящ начин, се закрепват неголеми допълнителни маси, които осигуряват пълно симетрично разпределение на масите на празния корпус K по отношение на оста Oz . По този начин противоположните моменти на силите спрямо Oz на K се урівновесяват и масата на празния корпус K не влиза в разчетите. (Такова използване на допълнителни маси, когато се налага, е широко приложимо в лостовите везни.)

Очевидно, при направения избор на подпиране на K в точка O и създаденото симетрично разпределение на масите спрямо оста Oz , корпусът K представлява лост от първи род, като x_A и x_B играят ролята на рамене на силите върху лоста. Цялото устройство – тегловен осмометър, се намира в статично хомогенно гравитационно поле с интензитет \vec{g} , който е перпендикулярен на дъното на K и успореден на осите Oz , ξ_A и ξ_B (Фиг. 1).

Нека в началния момент време $t=0$ камерата A е изпълнена до височина $h_A(0)$ с разтворител, на който масата е $m_A(0)$, а камерата B е изпълнена с хомогенизиран разтвор с маса $m_B(0)$ – до височина $h_B(0)$. Центровете на масите на разтворителя и разтвора са в

точките O_A и O_B , т.е. лежат съответно на осите ξ_A и ξ_B , и имат абсциси x_A и x_B . В този момент време $t=0$ действащите сили са: $m_A(0)\vec{g}$, $m_B(0)\vec{g}$ и $m(0)\vec{g}$ – реакция на EB .

Както е ясно от Фиг. 1, раменете на тези сили спрямо точка O са с еднаква дължина $\frac{l}{2}$. При тези условия, механичното равновесие на K се изразява с равенството

$$\frac{l}{2}\vec{g}[m_A(0)+m(0)]=\frac{l}{2}\vec{g}m_B(0), \text{ или} \\ m_B(0)-m_A(0)=m(0). \quad (1)$$

В (1) $m(0)$ е показанието на EB при $t=0$. За да се осигури по-висока диференциалност на описания тегловен осмометър и „еднакъв старт“ на процеса осмоза при всеки експеримент, е удобно да се наложи условието $m_A(0)=m_B(0)$, т.е. $m(0)=0$.

Приемаме, че осмотичният процес протича при условия на постоянни температура и налягане. С течение на времето $t>0$ през мембраната M преминава разтворител към разтвора – от A към B . Този едностранен преход на разтворителя води до намаляване на неговата маса в камерата A и увеличаване масата на разтвора в камерата B . Центровете на масите на A и на B в процеса на осмоза, се преместват съответно само по осите ξ_A и ξ_B .

Това означава, че абсцисите на тези центрове не се променят, т.е. $|x_A(t)|=|x_B(t)|=\frac{l}{2}$.

С предлагания осмометър проникналият разтворител от камерата A в камерата B се преобразува в електричен сигнал, като се регистрира в единицата за маса – килограм [kg].

При достатъчно дълъг интервал време $t=\tau$ (теоретично $\tau=\infty$) осмозата се прекратява – между разтворителя и разтвора се установява термодинамично равновесие. Приемаме, че в момента време $t=\tau$ разтворът, който изпълва камерата B до височина $h_B(\tau)>h_B(0)$, има маса $m_B(\tau)$, а разтворителят, който изпълва камера A до височина $h_A(\tau)<h_A(0)$, има маса $m_A(\tau)$. Тогава условието за механично равновесие на корпуса K , при време $t=\tau$, е

$$(m_A(\tau)+m)g\frac{l}{2}=m_B(\tau)g\frac{l}{2} \text{ или } m_B(\tau)-m_A(\tau)=m, \quad (2)$$

където $m=m(\tau)$ е показанието на EB при $t=\tau$.

Хидростатичното налягане, което създава преминалия разтворител от камерата A в камерата B препятства по-нататъшния ход на осмозата (тя се прекратява) [1,2]. При това EB отчита масата m като олеква лявата част в A и натежава дясната част в B (Фиг. 1).

Следователно, масата на преминалия разтворител при $t=\tau$ е $\bar{m}=\frac{m}{2}$. Тогава големината на осмотичното налягане P_0 , определено като силата $\bar{m}g$ върху площта l^2 , е

$$P_0=\frac{\bar{m}g}{l^2}=\frac{mg}{2l^2}. \quad (3)$$

Изразът (3) е нова формула за определяне на осмотичното налягане P_0 на разтвори с произволна концентрация. Според (3) между големината P_0 на осмотичното налягане и показанието \bar{m} на EB съществува линейна зависимост.

Максималната относителна грешка $\frac{\Delta P_0}{P_0}$, с която се определя осмотичното налягане P с описания тегловен осмометър на Фиг. 1, се дава, съгласно [6], с формулата

$$\frac{\Delta P_0}{P_0} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta l}{l}. \quad (4)$$

В (4) с Δm и Δl са означени, съответно, абсолютните грешки, с които се измерват величините m и l (като се приеме, че g е константа).

4. Определяне на осмотичния поток чрез масата на преминалия разтворител през мембраната

Експериментите показват, че реалните мембрани не притежават достатъчно добра полупроницаемост: те частично задържат водата и недостатъчно добре задържат разтворените вещества [2]. Освен това, разтворителят като прониква в разтвора намалява неговата концентрация в течение на експеримента. В резултат, измереното хидростатично налягане ρgh се оказва по-малко от осмотичното и съществено зависи от природата на мембраната. В такъв случай, с цел окачествяване на мембрани, има смисъл да се измерва плътността на осмотичния поток J като преминалата маса за единица време през единица площ, а именно

$$J = \frac{m}{S\tau}. \quad (5)$$

В (5), τ е времето, за което се достига равновесие, m е измерената маса с EB в момента време τ , а с S е означено лицето на работната площ на мембраната. Единицата за J , съгласно (5), е $kg/(m^2s)$. Величината J е интегрална характеристика на мембраната.

Максималната относителна грешка $\frac{\Delta J}{J}$ за даден експеримент, се намира по формулата

$$\frac{\Delta J}{J} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta \tau}{\tau}. \quad (6)$$

В (6) с Δm , ΔS и $\Delta \tau$ са означени, съответно, абсолютните грешки, с които се измерват величините m , S и τ .

5. Заключение

Описаният тегловен осмометър дава възможност за определяне на осмотичното налягане с повишена точност. Освен това, лесното определяне плътността на осмотичния поток през полупропускливата мембрана позволява достъпно – везново, окачествяване на мембрани по степен на пропускливост.

Признателност

Резултатите от настоящите изследвания се публикуват с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ към МОМН по договор № ТО 1/2.

Литература

1. Беляев А. П., В. И. Кучук, 2012. Физическая и коллоидная химия. Москва, ГЭОТАР-Медиа
2. Евстратова К. И., Н. А. Купина, Е. Е Малахова, 1990. Физическая и коллоидная химия. М: Высшая школа
3. Duncan J. Show, 1991. Introduction to Colloid and Surface Chemistry, Third Edition, Oxford University Press, 40

4. Krystev G. A., D. I. Dakova, V. S. Dimitrov, 1998. The barycentric method for the determination of the diffusion coefficient of colloidal particles, *Colloid Journal*, Vol. 60, № 4, 449-455
5. Коликов К., Д. Дакова, Д. Христозов, С. Божков, 2012. Нов тегловен осмотичен метод и устройство. *Scientific Researches of the Union of Scientists in Bulgaria – Plovdiv, Series B, Natural Sciences and the Humanities*, vol. XIII, 101-108.
6. Kolikov K., G. Krastev[†], Y. Epitropov, D. Hristozov, 2010. Analytically determining of the absolute inaccuracy (error) of indirectly measurable variable and dimensionless scale characterising the quality of the experiment. *Chemometr Intell Lab*, doi:10.1016/j.chemolab.2010.03.001., 15-19