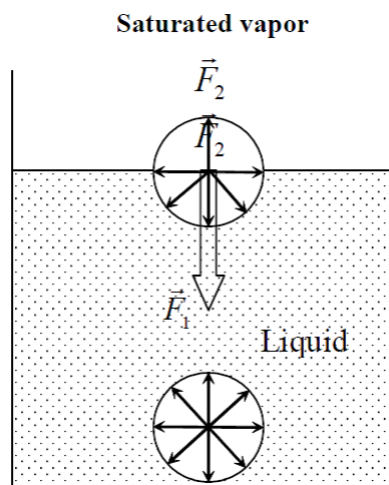


Meranie povrchového napätia v biologických roztokoch

Teoretická časť

Povrchové napätie je vlastnosť kvapaliny, s ktorou sa stretávame v našom každodennom živote. Mnohé procesy v organizmoch a v prírode, pri ktorých prebiehajú chemické a biochemické reakcie na rozhraní, možno vysvetliť práve existenciou povrchového napätia, ako napr. pitie vtákov a včiel, tok látok cez xylém v rastlinách, dýchanie u ľudí a prenos chorôb medzi organizmami. Na základe štruktúry sa povrch kvapaliny správa ako pružná blana, čo umožňuje napr. pohyb hmyzu po jej hladine. Vlastnosti povrchovej vrstvy možno vysvetliť pomocou silového pôsobenia medzi molekulami kvapaliny. Keďže vzdialenosti susedných molekúl v kvapaline sú veľmi malé ($\approx 10^{-10}$ m), molekuly navzájom silno interagujú. Z tohto dôvodu je potrebné rozlišovať molekuly na povrchu a v objeme kvapaliny (obr. 4.1). Molekula nachádzajúca sa v objeme kvapaliny je obklopená rovnakými molekulami, ktoré sú rozmiestnené symetricky. Výslednica príťažlivých síl, ktorými molekuly pôsobia na uvažovanú molekulu, sa rovná nule. Narozdiel od toho, molekula na povrchu je v kontakte nielen s molekulami kvapaliny, ale aj s molekulami plynu, ktoré na ňu pôsobia povrchovou silou F_2 .



Obr. 4.1: Silové pôsobenie molekúl v kvapaline a na rozhraní kvapalina-plyn.

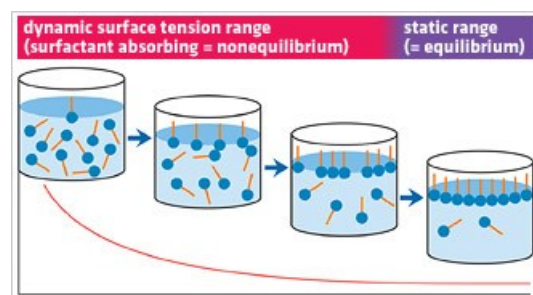
Pretože koncentrácia molekúl plynu je menšia ako koncentrácia molekúl kvapaliny, výslednica síl pôsobiacich na molekulu kvapaliny smeruje do vnútra kvapaliny. Vrstva, ktorá tvorí rozhranie medzi vnútorným objemom kvapaliny a druhým prostredím, sa nazýva povrchová vrstva. Nadbytok voľnej energie molekúl na rozhraní kvapaliny s druhým prostredím, vzhľadom na molekuly v objeme kvapaliny, spôsobujú nevykompenzované molekulárne sily v povrchovej vrstve. Povrchová energia, ktorá pripadá na jednotkovú plochu rozhrania sa nazýva povrchové napätie. Povrchové napätie sa rovná práci, ktorú musíme

vykonať, aby sme zväčšili povrch S rozhrania kvapalina-plyn o 1 m^2 :

$$\sigma = \frac{A}{S} \quad (4.1)$$

kde σ je povrchové napätie s jednotkou J/m^2 , po úprave N/m . Z jednotky vyplýva, že napätie môžeme vyjadriť tiež ako silu, ktorou musíme pôsobiť na obvod plochy rozhrania tak, aby sa zväčšil o 1 meter. Existuje niekoľko štandardných metód merania povrchového napätia: metóda maximálneho tlaku bublinky, metóda váženia kvapiek, kapilárna metóda a iné.

Podľa stavu, v ktorom sa kvapalina nachádza, vzniká na jej povrchu dynamické alebo statické napätie. Ak je kvapalina v pohybe, charakterizuje ju dynamické povrchové napätie σ_{dyn} a na jej povrchu vzniká okamžite vytvorené rozhranie, ktoré má rovnaké zloženie ako celý objem kvapaliny. Statické povrchové napätie σ_{stat} opisuje rozhranie po ustálení kvapaliny, čiže v stave adsorpčnej rovnováhy. Čisté kvapaliny (napr. voda, alkohol, acetón) sa vyznačujú rovnakým zložením povrchovej vrstvy a celého objemu, preto platí $\sigma_{\text{dyn}} = \sigma_{\text{stat}}$. Naopak, roztoky povrchovo aktívnych látok, ktorých molekuly sa skladajú z hydrofilnej polárnej časti a hydrofóbnej nepolárnej časti, majú zloženie rozhrania zhodné s ostatným objemom kvapaliny iba ak sa vytvára plocha rozhrania. Je to preto, lebo adsorpcia povrchovo aktívnych látok prebieha od začiatku na povrchu rozhrania prostredníctvom prenosu ich molekúl z objemu roztoku a končí sa za určitú dobu adsorpčnou rovnováhou. V roztokoch povrchovo aktívnych látok, ktoré znižujú povrchové napätie, platí: $\sigma_{\text{dyn}} < \sigma_{\text{stat}}$ (obr. 4.2).



Obr. 4.2: Formovanie adsorpčnej rovnováhy po pridaní povrchovo aktívnej látky do roztoku.

Povrchové javy sa uplatňujú aj pri procesoch v ľudskom organizme. Telové tekutiny (napr. krv, moč, žalúdočné šťavy, plodová voda) obsahujú veľké množstvo povrchovo aktívnych látok, proteínov a lipidov, ktoré ovplyvňujú ich povrchové napätie. Úroveň povrchového napätia na druhej strane výrazne vplýva na prietokové vlastnosti tekutín zúženými cestami, napr. v prípade krvnej plazmy jej prietok krvnými kapilármi a tým výrazne mení aj tlakové pomery v krvnom riečišti. Krvná plazma má schopnosť znovu obnoviť pôvodné povrchové napätie, ak nastalo jeho zníženie pridaním povrchovo aktívnej látky. Táto vlastnosť krvnej plazmy je podmienená prítomnosťou bielkovín a iónov Ca^{2+} . Po reakcii s povrchovo aktívnymi masnými kyselinami vytvárajú uvedené ióny nerozpustné soli, ktoré

povrchovú aktivitu strácajú. Tento mechanizmus dokonale udržiava prakticky konštantnú hodnotu povrchového napätia krvnej plazmy. K zmenám povrchového napätia dochádza iba v prípade vážnych ochorení. Z tohto dôvodu má meranie povrchového napätia krvnej plazmy veľký význam v klinickej praxi a určovaní diagnóz.

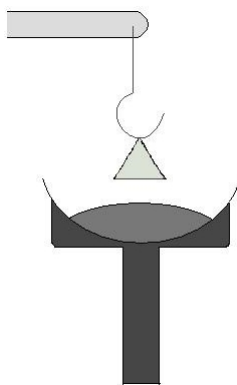
Experimentálna časť

Úlohy

1. Určenie povrchového napätia destilovanej vody.
2. Vyšetrenie časovej závislosti vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie destilovanej vody.
3. Vyšetrenie časovej závislosti vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie krvnej plazmy.

Opis zariadenia a metóda merania

Na meranie povrchového napätia kvapalín je vhodné použiť doštičkovú Wilhelmyho metódu. Táto metóda umožňuje určiť povrchové napätie na základe silového pôsobenia kvapaliny na tenký filtračný papier presne definovaných rozmerov (obr. 4.3).



Obr. 4.3: Schéma zariadenia na meranie povrchového napätia: 1 – rameno silomera, 2 – filtračný papier, 3 – hodinové sklo, 4 – meraná kvapalina.

Na filtračný papier ponorený do kvapaliny, ktorej povrchové napätie sa určuje, pôsobia nasledovné sily: tiažová (F_g), vztlaková (F_{vz}) a povrchová (F_p). Vzťah

$$F = F_g - F_{vz} + F_p \quad (4.2)$$

určuje veľkosť výslednej sily pôsobiacej na filtračný papier. Pri dodržaní odporúčaného postupu v priebehu merania možno sily F_g a F_{vz} eliminovať a priamo určiť povrchové

napätie kvapaliny

$$\sigma = \frac{F}{2(l + h)} \quad (4.3)$$

kde l a h sú presne definované parametre filtračného papiera.

Prístroje a pomôcky

Tenzometer NIMA ST9000, hodinové sklo, filtračný papier, pinzeta, mikropipeta, mikros-triekačka

Chemikálie

Destilovaná voda, kyselina stearová, chloroform, krvná plazma

Postup merania a vyhodnotenie

Meranie na tenzometri

1. Zaveste filtračný papier na háčik a umiestnite ho na rameno.
2. Filtračný papier ponorte do kvapaliny a nechajte úplne nasiaknuť.
3. Po nasiaknutí vytiahnite filtračný papier mimo kvapalinu.
4. Vynulujte prístroj pomocou tlačidla ZERO.
5. Opätovne ponorte filtračný papier do kvapaliny a pomaly ho zdvíhajte, kým nie je spodná hrana filtračného papiera v rovine s povrchom kvapaliny.
6. Odčítajte hodnotu povrchového napätia.

Úloha 1: Určenie povrchového napätia destilovanej vody

1. Na hodinové sklo napipetujte destilovanú vodu.
2. Podľa priloženého postupu odmerajte povrchové napätie.
3. Meranie opakujte 3-krát.
4. Aritmetický priemer získaných hodnôt povrchového napätia destilovanej vody porov-najte s tabuľkovou hodnotou. Prípadné odchýlky odôvodnite.

Úloha 2: Vyšetrenie časovej závislosti vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie destilovanej vody

1. Na hodinové sklo napipetujte destilovanú vodu a pridajte 1 kvapku kyseliny stearovej (príp. inej vyššej karboxylovej kyseliny).
2. Počkajte 5 minút a odmerajte povrchové napätie reakčnej zmesi.
3. Zvoľte si časový interval (napr. každé 2 minúty), v ktorom vyšetrite závislosť vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie destilovanej vody.
4. Získanú časovú závislosť znázornite graficky a výsledok zhodnoťte.

Úloha 3: Vyšetrenie časovej závislosti vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie krvnej plazmy

1. Na hodinové sklo napipetujte krvnú plazmu.
2. Odmerajte povrchové napätie.
3. Meranie opakujte 3-krát.
4. Na hodinové sklo s krvnou plazmou pridajte 2 kvapky kyseliny stearovej.
5. Počkajte 1 min. a odmerajte povrchové napätie reakčnej zmesi.
6. Zvoľte si časový interval (napr. každé 2 min.), v ktorom vyšetrite závislosť vplyvu povrchovo aktívnej látky na povrchové napätie krvnej plazmy.
7. Získanú časovú závislosť znázornite graficky a výsledok zhodnoťte.

Literatúra

- [1] Círák, J., Ottova, A.: Bioelektronika – Návod na cvičenia. 1984. SVŠT v Bratislave, 107 s.
- [2] Dillon P. F.: Biophysics – A Physiological Approach. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-17216-5, New York, 2012.
- [3] NIMA Technology, Surface Tensiometers, Operating manual.