ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Գ. Հ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ս. Ա. ՂՈՆՅԱՆ,
Ա. Վ. ՆԵՐԿԱՐԱՐՅԱՆ, Մ. Ս. ՄԻՔԱԵԼՅԱՆ

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐ ԿԵՆՍԱՖԻԶԻԿԱՅԻՑ

ՄԱՍ 1

(Ուսումնամեթոդական ձեռնարկ)
Երկրորդ հրատարակություն, լրացված, վերամշակված

ԵՐԵՎԱՆ
ԵՊՀ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
2021

ՀՏԴ 577.3(07)
ԳՄԴ 28.071g7
Լ 121

Հրատարակության է երաշխավորել
ԵՊՀ կենսաբանության ֆակուլտետի գիտական խորհուրդը:

Հեղինակներ՝
կենս. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Գ. Հ. Փանոսյան
կենս. գիտ. թեկնածու, դոցենտՍ. Ա. Ղոնյան
կենս. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Ա. Վ. Ներկարարյան
կենս. գիտ. թեկնածու Մ. Ս. Միքաելյան
Խմբագիր՝
Կենս. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Պ. Հ. Վարդևանյան
Գրախոսներ՝
ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ, կենս. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Է. Ս. Գևորգյան
ֆիզիմաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ե. Բ. Դալյան

Լ 121 Լաբորատոր աշխատանքներ կենսաֆիզիկայից, մաս 1 (ուսումնամեթոդական ձեռնարկ), երկրորդ հրատարակություն, լրացված, վերամշակված/ Գ. Հ. Փանոսյան Ս. Ա. Ղոնյան, Ա. Վ. Ներկարարյան, Մ. Ս. Միքաելյան: -Եր., ԵՊՀ հրատ., 2021, 194 էջ:

Ձեռնարկը նվիրված է կենսաբանության ֆակուլտետում «կենսաֆիզիկա» առարկայի դասավանդման հիմնական թեմաների վերաբերյալ լաբորատոր աշխատանքների ներկայացմանը: Դրանք չեն ընդգրկում բոլոր այն հիմնահարցերը, որոնք լուսաբանվում են տեսական դասընթացի սահմաններում: Վերջիններիս անդրադարձ է կատարվում ուսուցման հետագա փուլերում՝ տեսական, հատուկ դասընթացներում մեծ պրակտիկումի կատարման ընթացքում: Գրքում ընդգրկված լաբորատոր աշխատանքները առնչվում են կենսաբանության ֆիզիկա-քիմիական խնդիրներին, որոնք ուսանողներին հնարավորություն են տալիս մատչելի և հստակ մեթոդներով ուսումնասիրելու տարբեր գործընթացներ:

ՀՏԴ 577.3(07)
ԳՄԴ 28.071g7

ISBN 978-5-8084-2524-0

© ԵՊՀ հրատ., 2021
© Հեղ. խումբ, 2021

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

1. pH – ՄԵՏՐԻԱ: ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ
ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ 5
2. ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆ 23
3. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ
ՕՍՄՈՏԻԿ ՃՆՇՈՒՄ 35
4. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆ 53
5. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՒՌՉԵՑՈՒՄ
ԵՎ ՍՏՐԻԿՑԻԱ 60
6. ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԴԻՄԱՑԿՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ 70
7. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ
ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ 88
8. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԿԻՆԵՏԻԿԱՆ 107
9.ԿԵՆՍԱՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ. ԿԵՆՍԱՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐ 117
10. ԴԻՖՈՒԶԻՈՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ 124
11. ՕՔՍԻԴԱՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐ 130
12. ԷԼԵԿՏՐԱԿԻՆԵՏԻԿ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐ 138
13. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ
ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ 156
14. ՀԱՎԵԼՎԱԾ 182
Գրականության ցանկ 192

1. pH – ՄԵՏՐԻԱ: ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Լուծույթի թթվայնությունը կամ հիմնայնությունը որոշվում է այդ լուծույթում առկա ջրածնի իոնների խտությամբ: Այդ խտությունն արտահայտվում է pH-ով, որը ջրածնի իոնների խտության հակառակ մեծության տասնորդական լոգարիթմն է՝

$$pH = \frac{1}{\left[H^{+}\right]} \qquad (1)$$

Ջուրը թույլ էլեկտրալիտ է: Այն թույլ դիսոցվում է՝ ըստ հետևյալ հավասարման՝

$$H_2O = H^{+} + OH^{-} \qquad (2)$$

25°C պայմաններում իոնների է դիսոցվում 10^{-7} մոլ H_2O, ուստի H^{+} և OH^{-} իոնների խտությունը (մոլ/լ) հավասար է՝

$$\left[H^{+}\right] = \left[OH^{-}\right] = 10^{-7} \qquad (3)$$

Հետևաբար ջրի համար pH-ի մեծությունը հավասար է՝

$$lg\,\frac{1}{10^{-7}} = lg\,10^{7} = 7 \qquad (4)$$

Մաքուր ջուրն ունի չեզոք ռեակցիա: Վերջինիս մեջ թթու ավելացնելիս H^{+} իոնների կոնցենտրացիան մեծանում է, այսինքն՝ $[H^{+}]>10^{-7}$մոլ/լ, OH^{-} իոնների կոնցենտրացիան նվազում է, այսինքն՝ $[OH^{-}]<10^{-7}$մոլ/լ: Հիմք ավելացնելիս մեծանում է OH^{-} իոնների կոնցենտրացիան, այսինքն՝ $[OH^{-}]>10^{-7}$ մոլ/լ, հետևաբար $[H^{+}]<10^{-7}$մոլ/լ է: Այսպիսով, գործնականում

7,0-ից ցածր արժեքները բնութագրում են լուծույթի թթվայնության, իսկ 7,0-ից բարձր արժեքները՝ հիմնայնության աստիճանը:

Ցանկացած ջրային լուծույթում, անկախ նրանում առկա նյութերից, գործում է զանգվածների ներգործության օրենքը՝

$$K = \frac{\left[H^{+}\right]\left[OH^{-}\right]}{\left[H_2O\right]} \qquad (5):$$

Քանի որ ջրի մոլեկուլների դիսոցման աստիճանը փոքր է, չդիսոցված մոլեկուլների թիվը կարելի է համարել հաստատուն: Ուստի հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$K = \left[H^{+}\right]\left[OH^{-}\right] \qquad (6):$$

Ստացված հավասարումը ցույց է տալիս, որ հաստատուն ջերմաստիճանում ջրածնի և հիդրոքսիլ իոնների խտությունների արտադրյալը հաստատուն մեծություն է: Այն կոչվում է ***ջրի իոնային արտադրյալ***:

Իոնային արտադրյալի թվային արժեքը 25°C պայմաններում հավասար է 10-14: (2) հավասարումից հետևում է, որ եթե H^{+} իոնների խտությունը տվյալ լուծույթում հայտնի է, ապա դրանով իսկ հայտնի է նաև OH^{-}- իոնների խտությունը, և հակառակը: Հիմնվելով այդ փաստի վրա՝ լուծույթի ինչպես թթվայնության, այնպես էլ հիմնայնության աստիճանը քանակապես արտահայտում են ջրածնի իոնների քանակությամբ՝ pH-ով: pH-ի սանդղակն ընդգրկում է 1-ից մինչև 14 սահմանները: Դա լոգարիթմական սանդղակ է, ուստի մեկ միավորով pH-ի արժեքի փոփոխությունը համապատասխանում է ջրածնի իոնների խտության տասնապատիկ փոփոխմանը:

Բջիջների և հյուսվածքների բնականոն կենսագործունեության համար pH-ի արժեքը պետք է մոտ լինի 7,35-ի: Այդ արժեքից ավելի քան 0,2-0,3 միավորով շեղումները վկայում են օրգանիզմի ծանր վիճակի մասին, որը կարող է բերել մահվան: Օրգանիզմում իրականացվող կենսաքիմիական ռեակցիաների ընթացքում բջջի պարունակության pH-ը կարող է փոխվել H^+ իոնների կապման կամ անջատման արդյունքում: Սակայն հնարավոր փոփոխությունները կանխվում են նրա շնորհիվ, որ օրգանիզմի ներքին միջավայրի հեղուկների pH-ի շատ թե քիչ կայուն մակարդակի պահպանման համար գոյություն ունեն որոշակի մեխանիզմներ: Մասամբ դա իրականացվում է բուֆերային հատկություններով օժտված համակարգերի միջոցով:

Բուֆերային համակարգի ազդեցությունն այն է, որ կանխվում են pH-ի փոփոխությունները: Նման փոփոխություններ կարող են տեղի ունենալ լուծույթի նոսրացման, ինչպես նաև թթվի կամ աղի ավելացման դեպքում:

Բուֆերային հատկություններ առավել հաճախ ունեն թույլ թթուների և դրանց լուծելի աղերի, ինչպես նաև թույլ հիմքերի և դրանց լուծելի աղերի խառնուրդները: Եթե որևէ աղի, օրինակ՝ $NaCl$-ի ջրային լուծույթին ավելացվի HCl, ապա խառնուրդում կլինեն այնքան H^+ իոններ, որքան ներմուծվել են աղաթթվի հետ, քանի որ ջրի մոլեկուլների դիսոցման արդյունքում առաջացած H^+ քանակությունը կարելի է հաշվի չառնել. արդյունքում լուծույթի pH-ը կնվազի: Եթե HCl-ի նույն քանակությունն ավելացվի ոչ չեզոք աղի լուծույթին, օրինակ՝ CH_3COONa, ապա աղաթթվի դիսոցման արդյունքում

անջատված H^+ որոշակի մասը կմիանա ացետատի իոնների հետ՝ առաջացնելով CH_3COOH: Քացախաթթվի դիսոցման հաստատունը շատ փոքր է՝

$$K = \frac{\left[H^+\right]\left[CH_3COO^-\right]}{\left[CH_3COOH\right]} = 1,85 \cdot 10^{-5} \quad (7):$$

Ըստ այս հավասարման՝ H^+ և CH_3COO^- պարունակող լուծույթում այդ իոններից կարող են ներկա լինել այնքան, որքան թույլատրվում է տվյալ հարաբերությամբ:

Բուֆերային համակարգի օրինակ է **քացախաթթվից և քացախաթթվային նատրիումից** բաղկացած քացախաթթվային բուֆերային համակարգը. ցանկացած թթվի ավելացման հետևանքով համակարգում աճում է ջրածնի իոնների խտությունը: Վերջիններս միանում են ացետատի իոնների հետ այնքան, մինչև երկու տեսակի իոնների խտությունների արտադրյալը հասնի հավասարումով որոշված մեծությանը: Վերոնկարագրված պրոցեսներից կարելի է եզրակացնել, որ եթե թթվայնությունը՝ ջրածնի իոնների խտությունը, բարձրանում է, աղի ազատ իոններն ավելի հեշտ են միանում ջրածնի ազատ իոնների հետ և հեռացնում վերջիններիս լուծույթից: Երբ թթվայնությունը նվազում է. խթանվում են ջրածնի իոնների ազատումը միացությունների կազմից և անցումը լուծույթի մեջ: Դրա շնորհիվ բուֆերային լուծույթը պահպանում է ջրածնի իոնների հաստատուն, հավասարակշռված խտությունը: Ներկայացված պրոցեսները կարելի է պարզաբանել հետևյալ օրինակով՝

ցածր pH

$$HPO_4^{2-} + H^+ \rightleftarrows H_2PO_4^- \quad (8):$$

բարձր pH

Բուֆերայնությամբ օժտված համակարգերում գործում է բավական պարզ մեխանիզմ: Այսպես, եթե ***քացախաթթվային բուֆերային լուծույթին ավելացվի աղաթթվի*** որոշ քանակություն, վերջինս կփոխազդի ացետատ-իոնների հետ՝ առաջացնելով թույլ դիսոցվող քացախաթթու՝

$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH \qquad (9):$$

Այսպիսով, լուծույթ ներմուծված H^+ իոններն ազատ չեն մնա և լուծույթի pH-ը համարյա չի փոխվի: Քացախաթթվային բուֆերային լուծույթին հիմքի լուծույթի ավելացման դեպքում OH^- իոնները կկապվեն քացախաթթվի չդիսոցված մոլեկուլների հետ՝

$$OH^- + CH_3COOH = H_2O + CH_3COO^- \qquad (10):$$

Հետևաբար լուծույթի pH-ն այս դեպքում նույնպես չի փոխվի:

Բուֆերային լուծույթները պահպանում են իրենց բուֆերային ազդեցությունը միայն որոշակի սահմաններում, այսինքն՝ օժտված են որոշակի ***բուֆերային ունակությամբ***: Եթե լուծույթում հայտնվի H^+ կամ OH^- իոնների ավելի մեծ քանակություն, քան թույլ է տալիս այդ լուծույթի բուֆերային ունակությունը, ապա լուծույթի pH-ը զգալի չափով կփոխվի, ինչպես ոչ բուֆերային համակարգում: Հետևաբար բուֆերային համակարգի ուժեղ թթվի կամ հիմքի ավելացման դեպքում pH-ի կտրուկ փոփոխությունը խոչընդոտելու ունակությունը սահմանափակ է: Բուֆերային խառնուրդը պահպանում է pH-ը հաստատուն միայն այն պայմանում, եթե լուծույթ ներմուծվող ուժեղ թթվի կամ հիմքի քանակությունը չի գերա-

զանցում որոշակի մեծությունը: Հակառակ դեպքում դիտվում է pH-ի կտրուկ փոփոխություն, այսինքն՝ լուծույթի բուֆերային հատկությունը վերանում է: Դա պայմանավորված է նրանով, որ ընթացող ռեակցիայի արդյունքում փոխվում է բուֆերային համակարգի բաղադրիչների մոլային խտությունների հարաբերությունը՝ $\frac{C_{\text{թթվի}}}{C_{\text{հիմքի}}}$ կամ $\frac{C_{\text{հիմքի}}}{C_{\text{աղի}}}$: Ընդ որում, ավելացված թթվի կամ հիմքի հետ փոխազդող բաղադրիչի խտությունը նվազում է, իսկ երկրորդ բաղադրիչինը՝ աճում, քանի որ վերջինս լրացուցիչ առաջանում է ռեակցիայի ընթացքում: Քանակապես լուծույթի բուֆերային աղդեցությունը բնութագրվում է բուֆերային ունակությամբ՝ B:

Տարբերում են բուֆերային ունակություն՝ ըստ թթվի՝ $B_{\text{թ.}}$, և բուֆերային ունակություն՝ ըստ հիմքի՝ $B_{\text{հ.}}$: ***Բուֆերային ունակությունն ըստ թթվի ուժեղ թթվի քիմիական համարժեքի այն քանակությունն է, որը պետք է ավելացվի 1 լ ծավալով բուֆերային համակարգին՝ մեկ միավորով վերջինիս pH-ը փոքրացնելու համար***:

Բուֆերային ունակության մեծությունը կախված է բուֆերային համակարգի բաղադրիչների խտություններից և դրանց հարաբերությունից: Որքան մեծ է բուֆերային լուծույթի խտությունը, այնքան ավելի բարձր է դրա բուֆերային ունակությունը, քանի որ այս դեպքում ուժեղ թթվի կամ հիմքի ոչ մեծ քանակությունների ավելացումը չի հարուցի բուֆերային լուծույթի բաղադրիչների խտությունների, հետևաբար նաև դրանց հարաբերության էական փոփոխություն:

Որոշ օրգանական միացություններ, մասնավորապես սպիտակուցները, նույնպես օժտված են բուֆերային հատկություններով: Սպիտակուցների այս հատկությունը շատ կարևոր է հատկապես արյունատար համակարգի համար: Արյան պլազմայի սպիտակուցները և հեմոգլոբինը պարունակում են ինչպես թթու, այնպես էլ հիմնային ամինաթթուների մնացորդներ և դրանց շնորհիվ կարող են միացնել (կամ անջատել) ջրածնի իոններ՝ առավելագույն չափով նվազեցնելով pH-ի տատանումները: Միաժամանակ բազմաթիվ սպիտակուցներ կորցնում են իրենց հատկությունները pH-ի արժեքի ոչ մեծ փոփոխության դեպքում, անգամ եթե դրանք չեն առաջացնում պեպտիդային, երկսուլֆիդային կամ ջրածնային կապերի խզումներ:

Մասնվորապես pH-ի արժեքը կարևոր է ֆերմենտների ակտիվության դրսևորման համար: Օրինակ՝ մարսողական համակարգի տարբեր տեղամասերում գործող ֆերմենտներն ակտիվ են միայն որոշակի pH-ի պայմաններում. թքի pH-ը 6,5-ից 7,5 է, իսկ ստամոքսահյութինը՝ 2,0: Դրա հետևանքով թքի ամիլազը, ակտիվ լինելով թքում՝ բերանի խոռոչում, ստամոքսում կորցնում է ակտիվությունը:

Բազմաբջիջ օրգանիզմների ներքին միջավայրի հաստատուն pH-ը պահպանվում է ոչ միայն սպիտակուցների, այլ նաև այլ բուֆերային համակարգերի շնորհիվ: Մասնավորապես արյան մեջ գործում է ևս մեկ կարևոր բուֆերային համակարգ՝ կարբոնատային համակարգը: Այս բուֆերային համակարգը պաշտպանում է օրգանիզմը pH-ի զգալի փոփոխություններից նաև այն դեպքում, երբ հիվանդագին փոփոխությունների հետևանքով օրգանիզմում խանգարվում է բնականոն նյութափոխանակությունը:

Գոյություն ունեն pH-ի որոշման երկու եղանակներ՝ կոլորիմետրիկ և պոտենցիոմետրիկ:

Կոլորիմետրիկ եղանակը հիմնված է լուծույթի pH-ի արժեքից կախված և լուծույթ ներմուծված ինդիկատորի գունավորման փոփոխման վրա: Այս եղանակը բավականաչափ ճշգրիտ չէ. պահանջում է լրացուցիչ ճշգրտումներ: Այս եղանակը չի կարելի կիրառել ուժեղ օքսիդիչներ կամ վերականգնիչներ պարունակող հեղուկների pH-ի որոշման համար:

Պոտենցիամետրիկ եղանակը հիմնված է ինդիկատորային էլեկտրոդից և համեմատական էլեկտրոդից բաղկացած էլեկտրոդային համակարգի վրա էլեկտրաշարժիչ ուժի՝ պոտենցիալի չափման վրա: Այդ պոտենցիալն առաջանում է էլեկտրոդի վրա լուծույթի մեջ վերջինս ընկղմելու ժամանակ: Պոտենցիամետրիկ եղանակով pH-ը որոշելու համար ներկայումս օգտագործում են ապակյա ինդիկատորային էլեկտրոդ, որի պոտենցիալն ընդունված է չափել՝ համեմատելով համեմատական կամ օժանդակ (ապակյա կամ կալոմելային) էլեկտրոդի պոտենցիալի արժեքի հետ:

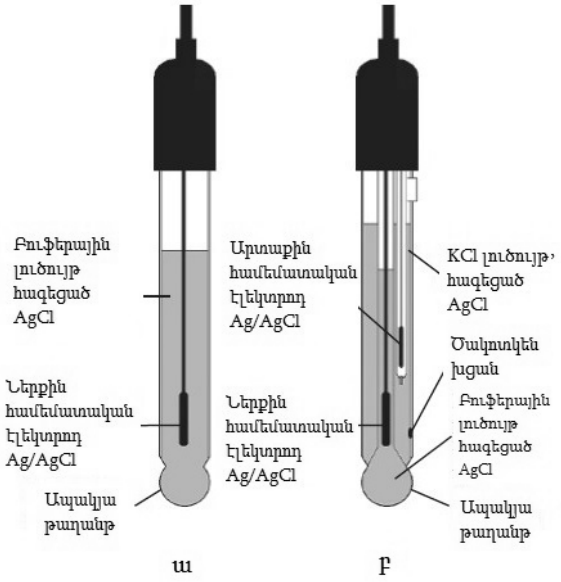
Համեմատական էլեկտրոդը չբևեռացվող էլեկտրոդ է, որն ընկղմում են նույն լուծույթի մեջ:

Ապակյա չափիչ էլեկտրոդը կարելի է օգտագործել pH-ի լայն միջակայքում և օքսիդիչների առկայության պայմաններում:

Ապակյա չափիչ էլեկտրոդը պատրաստվում է հատուկ տեսակի ապակիներից: Այդ ապակիներն օժտված են որոշ էլեկտրահաղորդականությամբ, որը բավական է, որ նման ապակու նուրբ թաղանթը հնարավոր լինի ընդգրկել էլեկտրական շղթայի մեջ: pH-ի չափման համար օգտագործում են ապակի, որի էլեկտրահաղորդականությունը պայմանավորված

է ապակով H^+ իոնների տեղափոխմամբ (ցանկացած տեսակի ապակու էլեկտրահաղորդականությունը պայմանավորված է կատիոնների տեղաշարժով անշարժ հենքի՝ պոլիմերային սիլիկաթթվի պոլիանիոնի նկատմամբ):

Ապակյա ինդիկատորային էլեկտրոդը շատ նուրբ պատով գնդաձև ծայր ունեցող ապակյա խողովակ է, որի մեջ լցված է $AgCl$-ի կախույթ բուֆերային լուծույթում: Գնդիկի պատի հաստությունը 0,05-0,15 մմ է: Այն պատրաստվում է նատրիում- կամ լիտիում-սիլիկատային ապակուց: Խողովակը պատրաստված է ապակուց, որի տեսակարար դիմադրությունն ավելի քան 10 անգամ մեծ է գնդիկի ապակու տեսակարար դիմադրությունից: Կախույթի մեջ ընկմված է արծաթե լար՝ պատված արծաթի քլորիդով: Այսպիսով, գնդիկով խողովակի մեջ գտնվում է քլորարծաթե էլեկտրոդը: Գնդիկում առկա լուծույթում ջրածնի իոնների խտությունը հաստատուն է: Էլեկտրոդն ունի ցածր էլեկտրական դիմադրություն, չի առաջացնում զգալի դիֆուզիոն պոտենցիալ և չի ազդում հետազոտվող լուծույթի բաղադրության վրա **(նկ. 1ա):**

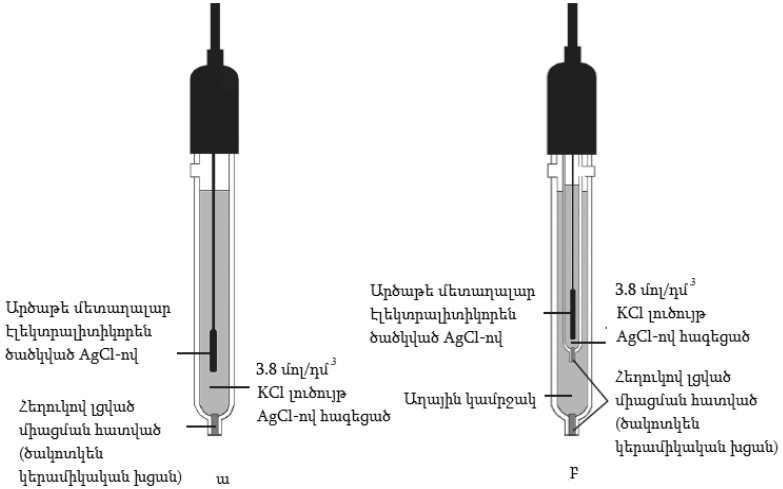


Նկ. 1. Ապակյա էլեկտրոդներ՝ pH-ի չափման համար.
ա – դասական, բ – համակցված:

Կիրառվում են տարբեր կառուցվածք ունեցող ապակյա էլեկտրոդներ, որոնցում գնդիկի փոխարեն կարող է լինել հարթ թաղանթ է (հարթ օբյեկտների pH-ը չափելու համար՝ մաշկի, թղթի, լուծույթների փոքր ծավալների), նիզակ (օբյեկտների ներսում pH-ի չափման համար՝ հողում, մսում, պտուղներում): Պատրաստվում են նաև ապակյա էլեկտրոդներ՝ հեղուկի հոսքում չափումներ կատարելու համար: Վերջերս առաջատար ֆիրմաներ արտադրում են համակցված ապակյա էլեկտրոդներ, որոնք ներկայացնում են ինդիկատորային և համեմատական էլեկտրոդների համակցում **(նկ. 1բ)**: pH-ի չափման համար ապակյա չափիչ էլեկտրոդն ընկղմում են հետազոտվող լուծույթի մեջ՝ առանց որևէ կողմնակի նյութ վերջինիս մեջ

ներմուծելու: Նույն (հետազոտվող) լուծույթի մեջ ուղղակիորեն կամ էլեկտրալիտիկ կամրջակի միջոցով ընկղմում են համեմատական էլեկտրոդը: Այն ունիվերսալ, ստանդարտ ջրածնային էլեկտրոդ է: Սակայն այս էլեկտրոդը հարմար չէ գործնական աշխատանքի համար՝ պայմանավորված շատ մաքուր ջրածին ստանալու անհրաժեշտությամբ: Ուստի որպես համեմատական էլեկտրոդներ օգտագործում են արծաթե քլորիդային և կալոմելային էլեկտրոդները:

Լայն կիրառություն է ստացել արծաթե քլորիդային էլեկտրոդը **(նկ. 2)**, որն ունի պոտենցիալի առավել վերարտադրվող արժեքներ ջրածնային էլեկտրոդից հետո:



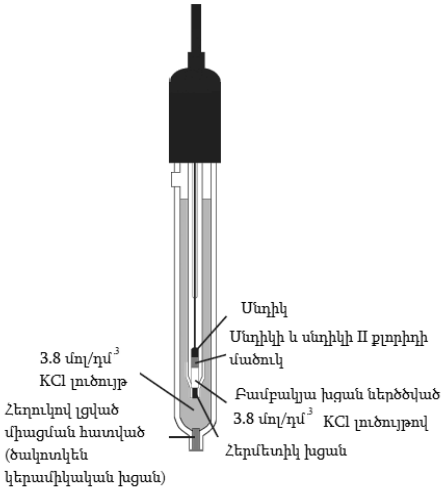
Նկ. 2. Համեմատական էլեկտրոդ.
ա – արծաթե քլորիդային էլեկտրոդ,
բ – արծաթե քլորիդային էլեկտրոդ՝ հեղուկով լցված երկու միացման տեղերով:

Դրանով է պայմանավորված արծաթե քլորիդային էլեկտրոդի օգտագործումը որպես ներքին օժանդակ էլեկտրոդ այլ տիպի էլեկտրոդների, օրինակ՝ ապակյա էլեկտրոդի պատրաստման համար: Արծաթե քլորիդային էլեկտրոդը կարելի է օգտագործել ջրային ու ոչ ջրային լուծույթներում և հեղուկի հոսքում չափումներ կատարելու համար: Էլեկտրոդի թերություններից է դրա թերմոդինամիկական բնութագրիչների կախվածությունը պինդ ֆազի ֆիզիկական հատկություններից, օրինակ՝ մեխանիկական դեֆորմացիայից, բյուրեղային կառուցվածքից, պատրաստման եղանակից: Արծաթե քլորիդային էլեկտրոդի հատկությունները կախված են նաև պիտանելիության ժամկետից: Էլեկտրոդի վրա ընթացող ռեակցիան՝

$$AgCl_{\text{պ}} + e \rightleftarrows Ag_{\text{պ}} + Cl^{-} \qquad (11),$$

անփոփոխ է pH-ի լայն միջակայքով լուծույթների համար: Սակայն թթվային միջավայրում արծաթե քլորիդային էլեկտրոդը զգայուն է թթվածնի հետքերի նկատմամբ: Ուստի բարձր ճշգրտություն պահանջող չափումների ժամանակ անհրաժեշտ է լուծույթով անցկացնել ազոտ կամ իներտ գազեր: Արծաթե քլորիդային էլեկտրոդի պոտենցիալը կալիումի քլորիդի հագեցած լուծույթում նորմալ ջրածնային էլեկտրոդի նկատմամբ հավասար է +0,201Վ:

Համեմատական կալոմելային էլեկտրոդը **(նկ. 3)** առաջին անգամ առաջարկվել է Վ. Ֆ. Օստվալդի կողմից 1890 թ.: Այս էլեկտրդի պոտենցիալն առանձնանում է բարձր դարձելիությամբ և վերարտադրողականությամբ: Վերջին հատկությունը պայմանավորված է բարձր մաքրության սնդիկ, կալոմել և կալիումի քլորիդ ստանալու հնարավորությամբ:



Նկ. 3. Կալոմելային համեմատական էլեկտրոդ

Էլեկտրոդի պոտենցիալը կախված է լուծույթում կալիումի քլորիդի խտությունից ու ջերմաստիճանից: Կալոմելային էլեկտրոդի թերությունը սնդիկի և դրա աղերի հետ աշխատելու անհրաժեշտությունն է:

Կալոմելային էլեկտրոդի համար էլեկտրոդային ռեակցիան է՝

$$Hg_2Cl_{2\text{պ}} + e \rightleftarrows 2Hg_{\text{պ}} + 2Cl^- \qquad (12):$$

Ավանդական համեմատական էլեկտրոդը սնդիկով լցված ապակյա անոթ է , որի մեջ ընկղմված է պլատինե լար: Սնդիկի վրա լցված է կալոմելային մածուկ, իսկ անոթի մնացած ծավալը (անոթի ծավալի 2/3-րդ մասը) լցված է KCl-ի հագեցած լուծույթով:

Այսպիսի էլեկտրոդն ունի խիստ հաստատուն սեփական պոտենցիալ: Կալոմելային էլեկտրոդը միացնել անմիջապես

կենսաբանական օբյեկտին նպատակահարմար չէ, քանի որ հնարավոր է ուսումնասիրվող օբյեկտի թունավորումը սնդիկով: Ուստի կալոմելային էլեկտրոդի ծայրը ընկղմում են KCl-ի հագեցած լուծույթով ապակյա բաժակի մեջ, իսկ վերջինս միացնում են հետազոտվող օբյեկտի հետ կամրջակի միջոցով:

Համեմատական էլեկտրոդի ժամանակակից տարբերակներն ընդգրկում են կալիումի քլորիդի երկու լուծույթ, որոնցից մեկը (արտաքինը) ծառայում է որպես աղային կամրջակ և միաժամանակ կանխում է ներքին լուծույթի աղտոտումը՝ բացառելով այդ լուծույթի շփումը հետազոտվող լուծույթի հետ **(նկ. 3)**: Այդպիսի էլեկտրոդներն անվանում են կրկնակի աղային լուծույթով էլեկտրոդներ:

Ստացված համակարգում էլեկտրոնների փոխադրումը քլորարծաթե էլեկտրոդից համեմատական էլեկտրոդին, որն իրականացվում է անմիջականորեն չափվող պոտենցիալների տարբերության ազդեցության ներքո, անխուսափելիորեն ուղեկցվում է համարժեք քանակությամբ պրոտոնների փոխադրումով ապակյա էլեկտրոդի ներքին ծավալից հետազոտվող լուծույթ: Ընդունելով ջրածնի իոնների խտությունը ապակյա էլեկտրոդի ներսում՝ հաստատուն՝ չափվող էլեկտրաշարժիչ ուժը ֆունկցիա է դառնում միայն ջրածնի իոնների ակտիվությունից, այսինքն՝ հետազոտվող լուծույթի pH-ից:

pH-ի չափման համար օգտագործում են հատուկ սարքեր՝ pH-մետր, պոտենցիոմետր, իոնոմետր: Այս սարքերը թույլ են տալիս որոշել լուծույթում H^+-ի և այլ իոնների խտությունները, օքսիդավերականգնողական, դիֆուզիոն և այլ պոտենցիալներ:

Հետազոտվող լուծույթի մեջ ընկղմված էլեկտրոդների վրա առաջանում է էլեկտրաշարժիչ ուժ (ԷԼՇՈՒ), որը համեմատական է ջրածնի իոնների խտությանը, այսինքն՝ pH-ի արժեքին:

Ապակու ջրածնային գործառույթը կապված է թաղանթի (գնդիկի) կազմի, խոնավություն կլանելու ունակության, քիմիական կայունության և հաստության հետ: Ենթադրվում է, որ լուծույթի հետ տևական շփման դեպքում ապակու մեջ թափանցում են ջրի մոլեկուլներ (10-1000 Å խորությամբ)՝ առաջացնելով հիդրատացված մակերևութային շերտ, որում տեղի են ունենում իոնային փոխանակման ռեակցիաներ ապակու հիմնային մետաղների կատիոնների (որոնք մտնում են ապակու սիլիկատների կազմի մեջ) և լուծույթի ջրածնի իոնների միջև՝

$$H^{+}_{\text{լուծ.}} + M^{+}_{\text{ապ.}} \rightleftarrows H^{+}_{\text{ապ.}} + M^{+}_{\text{լուծ.}} \qquad (13):$$

Պարզագույն դեպքում էլեկտրոդային գործընթացը հանգեցնում է ջրածնի իոններով փոխանակմանը լուծույթի ու ապակու միջև և համապատասխանում է եզակի լիցքի տեղափոխմանը՝

$$E_{\text{ապ}} = E_0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a^{\text{լուծ}}_{H^+}}{a^{\text{ապ}}_{H^+}} \qquad (14):$$

E_0 -ն ընդգրկում է էլեկտրոդների պոտենցիալները և խցիկում առկա հեղուկ միացությունների պոտենցիալները: Փոխանակության հաստատունի փոքր արժեքով պայմանավորված՝ չեզոք և թույլ հիմնային միջավայրերի համար պոտենցիալի հաշվարկման բանաձևը պարզեցվում է՝

$$E_{\text{ապ}} = E_0 + \frac{2.303RT}{F} lg\ a_{H^+} \qquad (15):$$

Այսպիսով, էլեկտրոդային պոտենցիալը կախված է միայն ջրածնի իոնների ակտիվությունից, ուստի ապակյա էլեկտրոդն օգտագործվում է որպես ինդիկատոր՝ լուծույթների pH-ը որոշելու համար:

Հարկ է նշել, որ հետազոտվող լուծույթի ջերմաստիճանը պետք է լինի +10°C-ից մինչև +40°C միջակայքում:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Տարբեր արժեքներ ունեցող pH-ի ստանդարտ բուֆերային լուծույթներ, HCl-ի 0,1Ն և $NaOH$-ի 0,1Ն լուծույթներ, $NaCl$-ի 0.9% լուծույթ (ֆիզիոլոգիական լուծույթ՝ տաքարյուն կենդանիների համար), ապակյա բաժակներ, ապակյա ձողիկներ, կաթոցիչներ, փորձանոթներ, ֆիլտրի թուղթ, մարդու կամ տաքարյուն կենդանու արյան պլազմա, pH-մետր, մագնիսական խառնիչ:

Աշխատանքից առաջ pH-մետրն անհրաժեշտ է կարգավորել՝ բերել աշխատանքային վիճակի: Սարքի կարգավորումը և ստուգումն իրականացվում են ստանդարտ (հայտնի pH-ով գործարանային պայմաններում պատրաստված չոր խառնուրդ) բուֆերային լուծույթներով: Նախապես ստուգվում է նաև էլեկտրոդների պիտանելիությունը. դրանք կարելի է օգտագործել, եթե թորած ջրի pH-ը 5,4-6,6 սահմաններում է:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ՍՏԱՆԴԱՐՏ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ pH-Ը:

1. Միացնել pH-մետրը: Որոշել թորած ջրի pH-ը: Չորացնել ֆիլտրի թղթով:
2. Ապակյա բաժակի մեջ լցնել բուֆերային լուծույթներից որևէ մեկը և տեղադրել այն սարքի պատվանդանի (մագնիսական խառնիչի վրա) վրա, էլեկտրոդներն իջեցնել լուծույթի մեջ և գրանցել pH-ի արժեքը:
3. Որոշել տրված առնվազն երեք անհայտ լուծույթների pH-ը: Յուրաքանչյուր չափումից հետո էլեկտրոդները հանել լուծույթից, լվանալ թորած ջրով և չորացնել ֆիլտրի թղթով:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՊԱՏՐԱՍՏԵԼ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹ:

1. Պատրաստել մայր լուծույթներ և որոշակի pH-ով բուֆերային լուծույթներ (մայր լուծույթների խառնուրդներ)՝ օգտագործելով «Հավելվածի» աղ. 3-ում տրված ծավալային հարաբերությունները:
2. Հետազոտվող լուծույթը լցնել ապակյա բաժակի մեջ: Էլեկտրոդները թորած ջրով լվանալ, չորացնել և ընկղմել հետազոտվող լուծույթի մեջ:
3. Հաջորդաբար կատարել առաջադրանք 1-ում նշված բոլոր գործողությունները:
4. Պահանջվող pH-ով բուֆերային լուծույթ ստանալու համար անհրաժեշտության դեպքում պատրաստված խառնուրդին զգուշությամբ քիչ քանակություններով ավելացնել հիմնային կամ թթվային հատկություններով մայր լուծույթ:

   Մայր լուծույթներն և բուֆերային խառնուրդները արագ պատրաստելու համար օգտագործել մագնիսական խառնիչը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԱՐՅԱՆ ՊԼԱԶՄԱՅԻ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ:

Արյան պլազմայի բուֆերային հատկությունները որոշելու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրել որոշակի ծավալի թթվի և հիմքի ազդեցությունը հետազոտվող հեղուկի pH-ի արժեքի վրա:

Որպես ստուգիչ ծառայում է $NaCl$ -ի 0.9% լուծույթը:

Աշխատանքի ընթացքը

1. Վերցնել 5 մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ և լցնել փոքր ծավալով բաժակի մեջ:
2. Չափել վերջինիս pH-ը և գրանցել:
3. Ավելացնել 0,1 մլ HCl -ի 0,1Ն լուծույթ, չափել pH-ը և գրանցել արժեքը:
4. Նույն լուծույթի վրա ավելացնել $NaOH$ -ի 0,1 Ն լուծույթի կրկնակի ծավալ՝ 0,2 մլ, կրկին չափել pH-ը և գրանցել արժեքը:

   Նույն գործողությունները կատարել արյան պլազմայի հետ:

   Համեմատել ստացված տվյալները և գրել եզրակացություն:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ՈՐՈՇԵԼ ԱՐՅԱՆ ՊԼԱԶՄԱՅԻ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ:

Արյան պլազմայի բուֆերային ունակությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է տիտրել կենսաբանական հեղուկը ուժեղ թթվի կամ հիմքի 0,1Ն լուծույթով: Որպես ստուգիչ ծառայում է $NaCl$ -ի 0,9% լուծույթը:

Աշխատանքի ընթացքը

1. Վերցնել 5 մլ արյան պլազմա և լցնել փոքր ծավալով բաժակի մեջ:
2. Որոշել արյան պլազմայի pH-ը և գրանցել:
3. Կենսաբանական հեղուկը տիտրել ուժեղ թթվի (հիմքի) փոքր չափաբաժիններով և յուրաքանչյուր ավելացումից հետո չափել հետազոտվող հեղուկի pH-ը:
4. Տիտրումը շարունակել այնքան, մինչև pH-ի ելակետային արժեքը մեկ միավորով փոխվի: Գրանցել տիտրման ընթացքում ավելացված հիմքի կամ թթվի քանակությունը (մլ):
   Նույն գործողությունները կատարել ֆիզիոլոգիական լուծույթի հետ:
   Համեմատել ստացված տվյալները և անել եզրակացություն:
   Հաշվարկել արյան պլազմայի բուֆերային ունակությունը «Հավելվածում» առկա բանաձևով:

2. ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Նյութի մոլեկուլները գտնվում են անընդհատ շարժման մեջ, ինչը խոչընդոտում է դրանց մոտեցմանը: Սակայն մոլեկուլների միջև առկա դաշտը պահում է վերջիններիս միմյանց մոտ՝ ձգում է միմյանց: Այսպիսով, միջմոլեկուլային ուժերը ձևավորվում են ձգողական և վանողական ուժերով: Հեղուկի ներսում այդ ուժերը փոխհավասարակշռվում են, իսկ հեղուկի մակերևույթին գտնվող մոլեկուլների վրա ազդող ուժերը չեն հավասարակշռվում, քանի որ օդի մոլեկուլների հետ հեղուկի մակերևույթային շերտի մոլեկուլների փոխազդեցությունը շատ ավելի թույլ է, քան հեղուկի ստորին շերտերի մոլեկուլնե-

րի հետ, վերջիններս ձգում են հեղուկի մակերևութային շերտի մոլեկուլներին դեպի ներս: Ուստի մակերևութային շերտի մոլեկուլների վրա գործնականում ազդում են միայն հեղուկի մակերևույթի տակ գտնվող մոլեկուլները: Այդ պատճառով հեղուկի մակերևույթն ընդունում է հնարավոր նվազագույն չափսերը:

Մոլեկուլները հեղուկի «ներսից» մակերևութային շերտ տեղափոխելու համար անհրաժեշտ է հաղթահարել միջմոլեկուլային ձգողական ուժերը, այսինքն՝ կատարել աշխատանք:

Աշխատանքը, որը պետք է ծախսել հեղուկի մակերևույթի մակերեսը մեծացնելու համար, կոչվում է **մակերևութային լարվածություն**: Այն հաշվարկում են հետևյալ բանաձևով՝

$$A = \sigma S \qquad (1),$$

որտեղ A - ն աշխատանքն է, էրգ,

S - ը՝ մակերևույթի մակերեսը, սմ^2,

σ -ն՝ մակերևութային լարվածության գործակիցը՝ այն աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է կատարել՝ մակերևույթի մակերեսը մեկ միավորով մեծացնելու համար:

Ուստի մակերևութային լարվածության գործակիցը արտահայտվում է էրգ·սմ$^{-2}$՝ ըստ հետևյալ բանաձևի՝

$$\sigma = \frac{A}{S} \qquad (2):$$

Քանի որ կատարվող աշխատանքը որոշվում է գործադրվող ուժով և այն ճանապարհով, որի վրա այդ աշխատանքը կատարվում է և դրանց արտադրյալն է (դին·սմ), ապա σ -ի չափողականությունը կլինի՝ դին·սմ$^{-1}$:

Այսպիսով, մակերևութային լարվածության գործակիցն այն ուժն է, որը պետք է գործադրել՝ մակերևույթի պարագիծը մեկ սմ-ով մեծացնելու համար:

Հարկ է նշել, որ ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ մոլեկուլների ջերմային շարժումը մեծանում է: Հետևաբար հեղուկի ներսից մակերևութային շերտ մոլեկուլների տեղափոխման համար պահանջվող աշխատանքը փոքրանում է:

Տարբերում են երկու տեսակի մակերևութային լարվածություններ՝ *ստատիկ* և *դինամիկ:* Դինամիկ մակերևութային լարվածությունը ($\sigma_{\text{դին.}}$) բնութագրում է հենց նոր առաջացած ֆազերի բաժանման մակերևույթը, որն ունի նույն բաղադրությունը, ինչպիսին հեղուկի ներսում է:

Ստատիկ մակերևութային լարվածությունը ($\sigma_{\text{ստ.}}$) բնութագրում է ֆազերի բաժանման մակերևույթը արդեն հաստատված ադսորբցիոն հավասարակշռության վիճակում:

Թորած ջրի, էթիլ սպիրտի, բենզոլի, ացետոնի ու այլ բացարձակ մաքուր հեղուկների և՛ մակերևութային շերտում, և՛ «ներսում» բաղադրությունը նույնն է: Այդ պատճառով նման հեղուկներում ստատիկ և դինամիկ մակերևութային լարվածությունները հավասար են՝ $\sigma_{\text{ստ.}} = \sigma_{\text{դին.}}$:

Մակերևութային ակտիվ նյութերի լուծույթներում մակերևութային շերտն ունի հեղուկ ֆազի հաստությանը բնորոշ հատկություններին մոտ հատկություններ միայն բաժանման մակերևույթի ձևավորման պահին, և այդ ժամանակ $\sigma_{\text{ստ.}}$-ը հավասար է $\sigma_{\text{դին}}$-ին: Բաժանման մակերևույթի ձևավորման պահից անմիջապես հետո սկսվում է մակերևութային ակտիվ նյութերի ադսորբումը, որն ավարտվում է որոշակի ժամանակում ադսորբցիոն հավասարակշռության հաստատմամբ: Այս դեպքում՝ $\sigma_{\text{ստ.}} < \sigma_{\text{դին.}}$:

Գոյություն ունեն բազմաթիվ նյութեր, որոնք օժտված են մակերևութային լարվածությունն իջեցնելու հատկությամբ: Այս հատկությունը կոչվում է ***մակերևութային ակտիվություն,*** իսկ այդ հատկությամբ օժտված նյութերը՝ ***մակերևութային ակտիվ նյութեր:***

Մակերևութային ակտիվ նյութեր են, օրինակ, ճարպաթթուները: Ճարպաթթուների անգամ չնչին քանակությունը խիստ նվազեցնում է մակերևութային լարվածությունը ջուր-օդ սահմանագծում: Մակերևութային լարվածության նվազումը պայմանավորված է սահմանային շերտում այդ մակերևութային ակտիվ նյութերի ադսորբումով: Ադսորբցված նյութի քանակությունը կախված է հեղուկում լուծված այդ նյութի խտությունից, տվյալ հեղուկի՝ լուծիչի մակերևութային լարվածությունից ու ջերմաստիճանից:

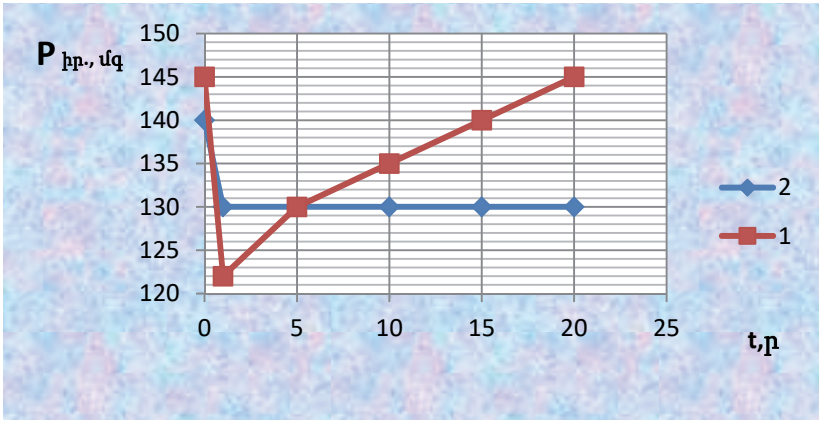
Մակերևութային ակտիվ նյութի ազդեցության մեխանիզմն այն է, որ դրա մոլեկուլները, փոխազդելով լուծիչի մոլեկուլների հետ, բերում են այդ մոլեկուլների վրա ազդող ուժերի վերաբաշխմանը՝ նվազեցնելով հեղուկի ներսում գտնվող մոլեկուլների ձգողական ուժը, հետևաբար մակերևութային լարվածությունը:

Կենսաբանական հեղուկները օժտված են մակերևութային ակտիվ նյութերի ազդեցության հետևանքով նվազած մակերևութային լարվածությունը վերականգնելու հատկությամբ **(նկ. 1)**: Այդ հատկությունը կոչվում է ***մակերևութային բուֆերայնություն***: Օրինակ՝ այդ հատկությամբ օժտված են արյան պլազման ու շիճուկը: Դրանց մակերևութային բուֆերայնությունը հիմնականում ապահովում են Ca^{2+} իոնները և սպիտակուցները, որոնք ադսորբում են մակերևութային ակտիվ

նյութերը: Օրինակ՝ Ca^{2+} իոնները, փոխազդելով ճարպաթթուների հետ, առաջացնում են չլուծվող աղեր, որոնք արդեն չունեն մակերևութային լարվածությունը փոխելու ունակություն. զուրկ են մակերևութային ակտիվությունից:

Արյան և այլ կենսաբանական հեղուկների այս բնութագրիչը փոփոխվում է մի շարք ծանր հիվանդությունների ժամանակ: Դա թույլ է տալիս օգտագործել մակերևութային լարվածության արժեքը որպես հիվանդության ախտորոշման չափանիշ:

Գոյություն ունեն մակերևութային լարվածության որոշման մի շարք եղանակներ, որոնցից լաբորատոր պայմաններում առավել պարզ և արագ իրականացվողը, ինչպես նաև քիչ քանակությամբ հեղուկ պահանջողը Դյու Նյուիի եղանակն է: Այն հիմնված է հեղուկի մակերևույթից պինդ մարմնի՝ օղակի պոկման ուժի չափման վրա:



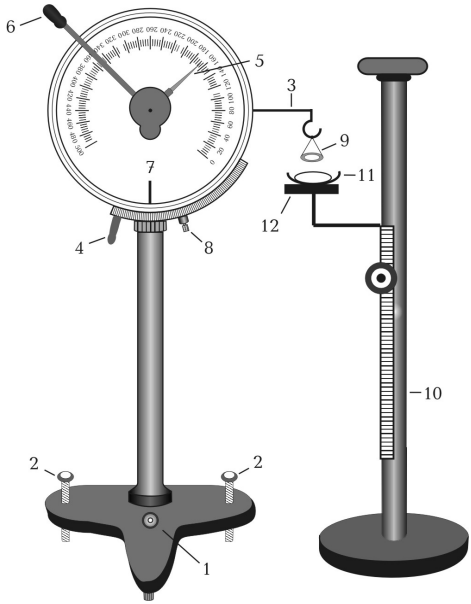
Նկ. 1 *Արյան պլազմայի մակերևութային բուֆերայնությունը* (ըստ Ե. Վ. Բուրլակովայի և ուրիշների).
1. արյան պլազմայից օղակի իրական պոկման ուժը նատրիումի օլեատի ավելացման դեպքում,
2. ֆիզիոլոգիական լուծույթից օղակի իրական պոկման ուժը նատրիումի օլեատի ավելացման դեպքում

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Ֆիզիոլոգիական լուծույթ՝ տաքարյուն կենդանիների համար, նատրիումի օլեատի 0,1% լուծույթ՝ պատրաստված ֆիզիոլոգիական լուծույթում, կիտրոնաթթվի նատրիումական աղի՝ $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 5.5H_2O$, 3,7% ստերիլ լուծույթ, էթիլ սպիրտ (96%), թորած ջուր, կենսաբանական հեղուկ, տաքարյուն կենդանի, պտուտակային կշեռք, համապիտանի ամրակալան, պարաֆինապատ առարկայակիր ապակիներ, մետաղյա օղակ, աչքի նրբունելի, կաթոցիչներ, ֆիլտրի թուղթ:

Նատրիումի օլեատը մակերևութային ակտիվ նյութ է, կիտրոնաթթվի նատրիումական աղն օժտված է հակամակարդիչ ազդեցությամբ:

Հեղուկների մակերևութային լարվածությունը որոշում են պտուտակային կշեռքի օգնությամբ **(նկ. 2):**



Նկ. 2. *Պտուտակային կշեռքը և շարժական սեղանիկը* ՝

1 – հարթացույց, 2 – հենակային պտուտակներ, 3 – կշռալծակ, 4 – ամրացման լծակ, 5 – կշռի ցուցնակ, 6 – լարման լծակ, 7 – հավասարակշռության ցուցնակ, 8 – կարգավորման գլխիկ, 9 – մետաղյա օղակ, 10 – համապիտանի ամրակալան, 11 – ջրի կաթիլով ժամացույցի ապակի, 12 – շարժական սեղանիկ:

ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Կշեռքը տեղադրում են հորիզոնական մակերևույթի վրա և հենակետային պտուտակների օգնությամբ կշեռքի ոտիկի վրա գտնվող հարթաչափի բշտիկը հաստատում վերջինիս շրջանակում:

2. Ամրացման լծակով կշեռքը բացում են և կշեռքի հավասարակշռության ցուցնակը դնում սանդղակի «0» դիրքում:
3. Հատուկ պտուտակով՝ կարգավորման գլխիկով, կշեռքի հավասարակշռության ցուցնակը բերում են հավասարակշռության գծիկի վրա, որից հետո ամրացման լծակը վերադարձնում են «փակ» դիրք:
4. Կշեռքի կեռիկից կախում են մետաղյա օղակը և ամրացման լծակը կրկին տեղափոխում են «բաց» դիրք: Հավասարակշռության ցուցնակը շեղվում է դեպի ձախ:
5. Լարման լծակով հավասարակշռության ցուցնակը վերադարձնում են հավասարակշռության գծիկի վրա և գրանցում մետաղյա օղակի կշիռը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ՋՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ:

Ջրի մակերևութային լարվածության որոշման համար օգտագործում են թորած ջուր:

1. Կաթոցիչով 0,5-1,0 մլ ջուր տեղափոխել մաքուր և չոր ժամացույցի (կամ առարկայակիր) ապակու վրա և վերջինս տեղադրել ամրակալի շարժական սեղանիկի վրա:
2. Ամրակալի պտուտակի օգնությամբ սեղանիկը բարձրացնել այնքան, մինչև ջրի կաթիլի մակերևույթը հպվի օղակին: Այդ գործողությունը պետք է կատարել մեծ զգուշությամբ, որպեսզի օղակը չընկղմվի հեղուկի մեջ:
3. Անընդհատ հետևելով օղակին լարման լծակը դանդաղ շարժել ժամացույցի սլաքին հակառակ ուղղությամբ (դեպի ձախ): Լծակի շարժումը դադարեցնել հենց այն պահին, երբ օղակը պոկվում է հեղուկի մակերևույթից:

4. Գրանցել ստացված տվյալը (P):
5. Իջեցնել շարժական սեղանիկը և կշռել օղակը դրա վրա մնացած հեղուկի հետ (p):

Այդ գործողությունները կրկնել երեք անգամ: Յուրաքանչյուր պոկումից հետո կշեռքը փակել և օղակը խնամքով չորացնել:

Հաշվել ստացված տվյալների միջին թվաբանական արժեքը և հետագա հաշվարկների ժամանակ օգտագործել այդ միջին արժեքները:

Ստացված տվյալների հիման վրա որոշել ջրի կաթիլից օղակի պոկման իրական ուժը հետևյալ բանաձևով՝

$$P_{H_2O} = P - p \qquad (3),$$

որտեղ P_{H_2O} - ն ջրից օղակի պոկման իրական ուժն է, մգ,

P - ն՝ փորձում ստացված պոկման ուժը, մգ,

p - ն՝ օղակի կշիռը հեղուկի հետ միասին, մգ:

Ջրի մակերևութային լարվածությունը հաշվարկել ըստ հետևյալ բանաձևի՝

$$\sigma_{H_2O} = \frac{P_{H_2O}}{2\pi r} = \frac{P_{H_2O}}{\pi D} \qquad (4),$$

որտեղ σ_{H_2O}-ն ջրի մակերևութային լարվածության գործակիցն է, դին·սմ$^{-1}$,

r -ը՝ պլատինե օղակի արտաքին շառավիղը, սմ,

D -ն՝ օղակի տրամագիծը, սմ:

Հաշվի առնելով, որ 1գ = 981 դին, պոկման իրական ուժը կարելի է արտահայտել դին-ով. փորձում մգ-ով ստացված

տվյալներն արտահայտել գ-ով, և (4) բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\sigma_{H_2O} = \frac{981 \cdot P_{H_2O}}{1000\pi D} = \frac{0,981 P_{H_2O}}{\pi D} \qquad (5):$$

Ըստ այս բանաձևի՝ մակերևութային լարվածության գործակցի չափողականությունը դին·սմ$^{-1}$ է:

Մակերևութային լարվածության գործակցի մեծությունը կախված է որոշման ժամանակ միջավայրի ջերմաստիճանից: Այսպես, 5°C ջերմաստիճանում σ_{H_2O}-ն հավասար է 74,75 դին·սմ$^{-1}$, 20 °C–ում՝ 72,75 դին·սմ$^{-1}$, իսկ 50°C–ում՝ 67,80 դին·սմ$^{-1}$, ուստի չափումների ժամանակ անհրաժեշտ է նշել միջավայրի ջերմաստիճանը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՐՈՇԵԼ ՊԼԱՏԻՆԵ ՕՂԱԿԻ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆԸ:

Օղակի հաստատունի որոշման համար անհրաժեշտ է փորձով որոշել պլատինե օղակի պոկման ուժը թորած ջրից և որևէ մաքուր հեղուկից, որի դինամիկ և ստատիկ մակերևութային լարվածությունները հավասար են՝ $\sigma_{\text{դին.}} = \sigma_{\text{ստ.}}$: Նման հեղուկների մակերևութային լարվածության արժեքները բերվում են համապատասխան աղյուսակներում (տե՛ս «Հավելված», աղ. 4):

Օղակի հաստատունը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$K = \frac{\frac{\sigma_0}{\sigma_{H_2O}} - 1}{\frac{P_0}{P_{H_2O}} - 1} \qquad (6):$$

Որոշել մետաղյա օղակի սպիրտից պոկման իրական ուժը՝ P_0: Գտնել աղյուսակում («Հավելված», աղ. 4) սպիրտի մակերևութային լարվածության գործակցի արժեքը՝ σ_o: Վերջինիս արժեքը, ինչպես նաև նախօրոք որոշված P_{H_2O}-ի և σ_{H_2O}-ի արժեքները տեղադրել վերջին՝ (6) բանաձևում և հաշվարկել K-ի արժեքը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՈՐՈՇԵԼ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ:

Արյան պլազմայի, մեզի, ողնուղեղային հեղուկի և այլ կենսաբանական հեղուկների մակերևույթային լարվածությունը որոշում են նույն կարգով, ինչպես ջրի մակերևույթային լարվածությունը, սակայն (5) բանաձևի փոխարեն անհրաժեշտ է օգտագործել հետևյալ բանաձևը՝

$$\sigma_x = \sigma_{H_2O} \cdot Q_{\text{իր.}} \qquad (7),$$

որտեղ σ_x-ը հետազոտվող կենսաբանական հեղուկի մակերևույթային լարվածության գործակիցն է, դին·սմ$^{-1}$,

$Q_{\text{իր.}}$-ը՝ հարաբերական մակերևութային լարվածությունը:

Հարաբերական մակերևութային լարվածությունը որոշվում է ըստ Տոմինագոյի հավասարման՝

$$Q_{\text{հր.}} = Q_{\text{գտ.}} \cdot K - K + 1 \qquad (8),$$

որտեղ K -ն օգտագործվող, օղակի համար փորձնականորեն որոշված հաստատունն է,

$Q_{\text{գտ.}}$ -ը՝ հետազոտվող հեղուկից և ջրից օղակի պոկման իրական ուժերի (P_x և P_{H_2O}) հարաբերությունը.

$$Q_{\text{գտ.}} = \frac{P_x}{P_{H_2O}} \qquad (9),$$

(8) հավասարման մեջ տեղադրելով $Q_{\text{գտ.}}$ -ի և K -ի արժեքները՝ ստանալ $Q_{\text{հր.}}$ -ը: Ստացված $Q_{\text{հր.}}$ -ի արժեքը տեղադրելով (7) հավասարման մեջ՝ հաշվարկել հետազոտվող կենսաբանական հեղուկի մակերևութային լարվածության գործակիցը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԱՐՅԱՆ ՊԼԱԶՄԱՅԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԲՈՒՖԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ:

1. Տաքարյուն կենդանու արյունը կայունացնել կիտրոնաթթվի նատրիումական աղի 3,7% ստերիլ լուծույթով (10:0,5 ծավալային հարաբերությամբ):
2. Արյունը ցենտրիֆուգել 5ր 1500g արագացումով:
3. Վերնստվածքային հեղուկը՝ պլազման, զգուշությամբ տեղափոխել փորձանոթի մեջ, որպեսզի նստվածքը չխառնվի հեղուկի հետ:
4. Կաթոցիչի օգնությամբ պլազմայի 0,5-1,0մլ տեղափոխել առարկայակիր ապակու վրա և վերը նկարագրված եղանա-

կով որոշել պլազմայի կաթիլից օղակի պոկման ուժը: Գործողությունը կրկնել 3 անգամ: Հաշվարկել պլազմայի մակերևույթային լարվածության գործակիցը:

5. 0,03մլ նատրիումի օլեատի 0,1 % լուծույթ ավելացնել ապակու վրա եղած պլազմային:
6. Պլազմայից օղակի պոկման ուժը չափել նատրիումի օլեատի ավելացումից անմիջապես հետո, ապա՝ 1, 5, 10, 20 ր ... անց: Փորձը շարունակել մինչև օղակի պոկման ուժի մեծության վերականգնումը:

Ստուգիչ փորձը կատարել՝ օգտագործելով $NaCl$-ի 0,85% լուծույթ, չափել այդ լուծույթի կաթիլից օղակի իրական պոկման ուժը, ապա՝ վերը նշված եղանակով ավելացնել նատրիումի օլեատի լուծույթը և կրկին չափել օղակի իրական պոկման ուժը նույն ժամանակահատվածում:

Արյան պլազմայի հետ աշխատելիս հատկապես ուշադիր պետք է հետևել մետաղյա օղակի մաքրությանը:

Ստացված տվյալների հիման վրա հաշվարկել մակերևութային լարվածության գործակցի և մետաղյա օղակի արյան պլազմայի և ֆիզիոլոգիական լուծույթի կաթիլից իրական պոկման ուժի արժեքները և կառուցել ժամանակից այդ բնութագրիչի կախվածության կորերը:

3. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՕՍՄՈՏԻԿ ՃՆՇՈՒՄ

Բոլոր կենսաբանական թաղանթները հանդես են գալիս կենսահամակարգերում որպես կիսաթափանցելի պատնեշներ: Կան նյութեր, որոնք անարգել են անցնում այդ պատնե-

շով (օրինակ՝ ջուրը, գազերը) և նյութեր (խոշոր լիցքավորված մոլեկուլներ), որոնց համար թաղանթն անանցանելի է։ Թաղանթով նյութերի փոխադրման ընտրողականությունը կյանքի հատկանիշներից մեկն է բջջային մակարդակում։ Մահացած բջիջը չի վերահսկում նյութերի մուտքը և հեռացումն արտաքին միջավայր։ Այնուամենայնիվ, անգամ մահացած բջջի թաղանթը մնում է կիսաթափանցելի լիպիդային երկշերտի շնորհիվ։ Սակայն այդ թաղանթի թափանցելիությունն ավելի քիչ «ընտրողական» է, քան կենդանի բջջի թաղանթինը։

Թափանցելի թաղանթով փոխադրման ընտրողականությունը բերում է բջջում օսմոտիկ երևույթների առաջացմանը։ *Օսմոտիկ են անվանում այն երևույթները, որոնք տեղի են ունենում կիսաթափանցիկ թաղանթով բաժանված երկու լուծույթներից բաղկացած համակարգում։*

Լուծույթը համասեռ համակարգ է։ Լուծված նյութի բոլոր մոլեկուլները գտնվում են անկանոն ջերմային շարժման մեջ և հավասարաչափ բաշխված են լուծույթի ամբողջ ծավալում։ Եթե անոթի մեջ լցվի որևէ նյութի, օրինակ՝ շաքարի խիտ լուծույթ և վրան զգուշությամբ ավելացվի շաքարի ավելի նոսր լուծույթ այնպես, որ լուծույթների շերտերը չխառնվեն, ապա սկզբում ջուրը և շաքարը ստացված համակարգի ծավալում բաշխված են անհամաչափ։ Սակայն որոշ ժամանակ անց շաքարի ու ջրի մոլեկուլները կրկին հավասարաչափ են բաշխվում տվյալ համակարգում։ Դա տեղի է ունենում այն պատճառով, որ շաքարի մոլեկուլները, անկանոն շարժվելով, թափանցում են խիտ լուծույթից նոսրի մեջ և հակառակ ուղղությամբ։ Ընդ որում, ցանկացած ժամանակահատվածում խիտ լուծույթից նոսրի մեջ անցնում են ավելի շատ թվով մոլեկուլներ, քան հակառակ ուղղությամբ։ Նույնը դիտվում է ջրի մոլեկուլների

շարժման ընթացքում: Այսպիսով, առաջանում է մոլեկուլների ուղղորդված շարժում. շաքարի մոլեկուլները շարժվում են խիտ լուծույթից դեպի նոսրը, իսկ ջրի մոլեկուլները՝ նոսրից խիտը:

Շփվող նյութերի փոխադարձ ներթափանցումը մասնիկների ջերմային շարժման հետևանքով, որը բերում է նյութերի խտության ինքնաբերաբար հավասարմանը զբաղեցրած ծավալում, կոչվում է ***դիֆուզիա:***

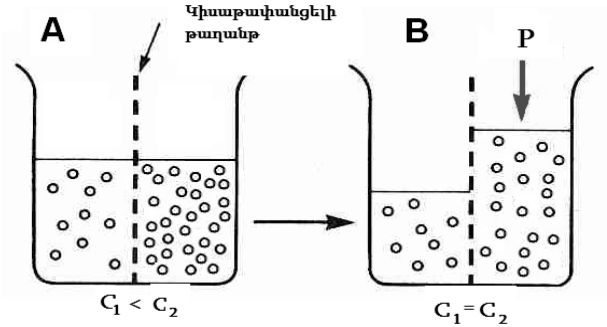
Երբ լուծված նյութի խտությունը լուծույթի ամբողջ ծավալում հավասարվում է, դիֆուզիան դադարում է: Դիտարկված օրինակում լուծիչի և լուծված նյութի մոլեկուլները դիֆուզվում են հակառակ ուղղություններով: *Նման գործընթացն անվանում են երկկողմ կամ հանդիպակած դիֆուզիա:* Սակայն, եթե երկու լուծույթների միջև տեղադրվի թաղանթ, որը թափանցելի է միայն լուծիչի մոլեկուլների համար, ապա թաղանթով տեղի կունենա միայն մեկ նյութի մոլեկուլների դիֆուզիա **(նկ.1, A):**

Նյութի միակողմանի դիֆուզիան կիսաթափանցելի թաղանթով անվանում են օսմոս: Լուծիչի մոլեկուլներն անցնում են թաղանթով երկու ուղղությամբ, սակայն անցման ուժգնությունը տարբեր է՝ նոսր լուծույթից լուծիչն ավելի մեծ ուժգնությամբ է անցնում խիտ լուծույթ, քան խիտից՝ նոսր:

Արդյունքում որոշ ժամանակ անց նոսր լուծույթի մակարդակն իջնում է, իսկ խիտ լուծույթինը՝ բարձրանում, լուծույթների խտությունը թաղանթի երկու կողմերում հավասարվում է **(նկ.1, B)**: Հարկ է նշել, որ հեղուկի ծավալի և լուծված նյութի խտության փոփոխությունը պայմանավորված է միայն ջրի մոլեկուլների, այլ ոչ լուծված նյութի (մեր օրինակում՝ շաքարի)

վերաբաշխումով, քանի որ թաղանթը թափանցելի չէ լուծված նյութի մոլեկուլների համար:

Սկզբնական ավելի բարձր խտությամբ լուծույթի սյան վրա **(աջ խցիկում, նկ.1, B)** ճնշում գործադրելու դեպքում ջրի դիֆուզիան թաղանթով կարելի է դանդաղեցնել:



Նկ.1. Օսմոսի երևույթի սխեման՝
C_1 և C_2-ը՝ լուծույթի խտությունը անոթի խցիկներում,
P - ն՝ ներդրվող ճնշումը:

Այն ճնշումը, որի դեպքում հեղուկի դիֆուզիան դադարում է, կոչվում է **օսմոտիկ ճնշում**: Օսմոտիկ ճնշումն օսմոսը բնութագրող շատ կարևոր մեծություն է:

Օսմոտիկ ճնշումը գոյություն ունի ցանկացած լուծույթում, այդ թվում՝ նաև կենսաբանական հեղուկներում: Օսմոտիկ ճնշումը հաշվարկվում է ըստ Վանտ-Հոֆֆի բանաձևի՝

$$P_0 = \frac{n}{V} RT \qquad (1),$$

որտեղ P_0 -ն օսմոտիկ ճնշումն է, մթն.,

V -ն՝ լուծույթի ծավալը, լ,

n -ը՝ այդ ծավալում լուծված նյութի մոլերի թիվը, մոլ.,
R -ը՝ ունիվերսալ գազային հաստատունը,
0,082 լ·մթն.·աստ$^{-1}$·մոլ$^{-1}$,
T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանն ըստ Կելվինի, K:

Քանի որ $\frac{n}{V}$ հարաբերությունը լուծույթի կոնցենտրացիան է՝ c, ապա (1) բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$P_0 = cRT \qquad (2):$$

Լրիվ դիսոցվող էլեկտրալիտների համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել դիսոցման ժամանակ առաջացող իոնների թիվը՝ N, և (2) բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$P_0 = cRTN \qquad (3):$$

Այսպիսով, լուծույթի օսմոտիկ ճնշումն ուղիղ համեմատական է լուծված նյութի խտությանը և բացարձակ ջերմաստիճանին: R -ը հաստատուն մեծություն է, որը ոչ մի կերպ չի ազդում օսմոտիկ ճնշման վրա: Ջերմաստիճանը նույնպես կարելի է ընդունել որպես հաստատուն մեծություն, քանի որ մենք քննարկում ենք կենդանի համակարգերը, որոնք գոյատևում են նեղ ջերմաստիճանային միջակայքում: Հետևաբար լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը կախված է միայն դրա խտությունից, ընդ որում, այդ կախվածությունը գծային է. որքան բարձր է լուծված նյութի խտությունը լուծույթում, այնքան բարձր է վերջինիս օսմոտիկ ճնշումը: (3) բանաձևը կիրառելի է ցանկացած բավականաչափ նոսրացված լուծույթների համար՝ բացառությամբ էլեկտրալիտների լուծույթների: Վերջիններում էլեկտրալիտիկ դիսոցման հետևանքով տեղի է ունենում լուծված նյութի մասնիկների քանակության աճ: Դրա հետևանքով

լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը, համեմատած այն ճնշման հետ, որը կարելի է սպասել՝ ելնելով վերջինիս մոլեկուլային խտությունից, ավելի մեծ է:

Եթե լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը մեծ է հետազոտվող լուծույթի ճնշումից, այն անվանում են ***հիպերտոնիկ****, եթե փոքր է՝* ***հիպոտոնիկ****, եթե նույնն է՝* ***իզոտոնիկ****:* Բժշկության մեջ լայնորեն կիրառվող ֆիզիոլոգիական լուծույթը իզոտոնիկ է արյան պլազմայի նկատմամբ: Աղերի խտությունը ֆիզիոլոգիական լուծույթում և պլազմայում նույնն է, հետևաբար նույնն է նաև օսմոտիկ ճնշումը:

Կենդանի օրգանիզմների հեղուկների օսմոտիկ ճնշումը կարող է ունենալ բավական մեծ արժեք: Օրինակ՝ մարդու մարմնի հեղուկների օսմոտիկ ճնշումը միջինում հավասար է 7 մթն.: Օրգանիզմում օսմոտիկ ճնշումը պետք է լինի հաստատուն: Այդ պատճառով հիվանդներին ներարկում են իզոտոնիկ լուծույթներ (լուծույթներ, որոնց օսմոտիկ ճնշումը հավասար է արյան պլազմայի այդ ցուցանիշին՝ 7,7 մթն.): Դրանցից են նատրիումի քլորիդի 0,9% լուծույթը և գլյուկոզի 5% լուծույթը: Հիպերտոնիկ լուծույթները կիրառվում են բժշկության մեջ՝ թարախից վերքը մաքրելու նպատակով ($NaCl$-ի 10 % լուծույթ), ալերգիկ այտուցների վերացման համար ($CaCl_2$-ի 10 % լուծույթ, գլյուկոզի 20 %), որպես լուծողական դեղամիջոց ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $Mg_2SO_4 \cdot 7H_2O$):

Կենսականորեն կարևոր նշանակություն ունի օսմոտիկ ճնշումը բույսերի համար: Այս ճնշման շնորհիվ տեղի է ունենում ջրի և լուծված հանքային աղերի ներծծումը հողից բույսի արմատներով և դրանց բարձրացումը քսիլեմայի անոթներով դեպի գագաթ: Բույսում խիտ լուծույթի շարժումը ոչինչով չի

սահմանափակված: Սակայն, եթե խիտ լուծույթը գտնվում է փակ տարածությունում, օրինակ՝ արյան բջջում, ապա օսմոտիկ ճնշումը կարող է պատճառ դառնալ բջջաթաղանթի պատռման: Այդ է պատճառը, որ արյան մեջ ներարկվող դեղամիջոցները լուծում են իզոտոնիկ լուծույթում, որը պարունակում է այնքան նատրիումի քլորիդ, որքան անհրաժեշտ է բջջի պարունակության ստեղծած օսմոտիկ ճնշումը հավասարակշռելու համար: Եթե ներարկվող դեղամիջոցները պատրաստվեին ջրի կամ խիստ նոսրացված (հիպոտոնիկ ցիտոպլազմայի նկատմամբ) լուծույթում, ապա օսմոտիկ ճնշումը, ստիպելով, որ ջուրը թափանցի բջիջ, կհանգեցներ վերջինների թաղանթների պատռվելուն: Եթե արյան մեջ ներարկվի նատրիումի քլորիդի չափից ավելի խիտ լուծույթ (3%-5% հիպերտոնիկ լուծույթներ), ապա ջուրը դուրս կգա բջիջներից, և դրանք կկծկվեն:

Հիպերտոնիկ միջավայրում բուսական բջիջներում տեղի կունենա պլազմոլիզ: Բույսերի բջիջները սովորաբար գտնվում են հիպոտոնիկ պայմաններում, քանի որ դրանց պարունակությունը հարուստ է օսմոտիկորեն ակտիվ նյութերով, որոնց մեծ մասը (օրգանական թթուներ, շաքարներ, ցածրամոլեկուլային գունակներ, անօրգանական աղեր) մտնում են վակուոլում կուտակված բջջահյութի կազմի մեջ: Վակուոլի տոնոպլաստը հատկություններով նման է պլազմալեմին: Այն օժտված է ընտրողական թափանցելիությամբ և ակտիվ տրանսպորտ իրականացնելու ունակությամբ: Օսմոտիկորեն ակտիվ նյութերը պաշարման կամ յուրացման համար փոխադրվում են վակուոլ տոնոպլաստի սպիտակուցներով ձևավորված անցքուղիներով և փոխադրիչների մասնակցությամբ: Հակառակ ուղղությամբ՝ դեպի ցիտոպլազմա, այդ նյութերը,

որպես կանոն, չեն փոխադրվում: Ընտրողական ակտիվ տրանսպորտի շնորհիվ բջջում ստեղծվում է օսմոլյարության գրադիենտ. բջջահյութը հիպերտոնիկ է ցիտոպլազմայի նկատմամբ, իսկ ցիտոպլազման հիպերտոնիկ է շրջակա միջավայրի նկատմամբ: Ջուրն արտաքինից մտնում է բջիջ՝ «ձգտելով» հավասարացնել օսմոտիկորեն ակտիվ նյութերի խտությունները:

Օսմոտիկ ճնշումը կախված է ոչ միայն անօրգանական աղերի և ցածրամոլեկուլային միացությունների, այլ նաև սպիտակուցների պարունակությունից: ***Այն օսմոտիկ ճնշումը, որը կախված է կախույթում սպիտակուցների պարունակությունից, կոչվում է օնկոտիկ (կազմում է 0,03-0,04 մթն.):*** Այսինքն՝ օնկոտիկ ճնշումը օսմոտիկ ճնշման մասն է, որը ստեղծվում է լուծույթի բարձամոլեկուլային բաղադրիչներով: Մարդու արյան պլազմայում օնկոտիկ ճնշումը կազմում է օսմոտիկ ճնշման մոտ 0,5 %-ը: Տևական սովի և երիկամների հիվանդության դեպքում սպիտակուցների խտությունն արյան մեջ նվազում է, օնկոտիկ ճնշումն արյան մեջ իջնում է և առաջանում են օնկոտիկ այտուցներ. ջուրն անցնում է անոթներից հյուսվածքներ, որտեղ օնկոտիկ ճնշումն ավելի բարձր է: Թարախային պրոցեսների ժամանակ օնկոտիկ ճնշումը բորբոքման օջախում աճում է 2-3 անգամ, քանի որ աճում է մասնիկների թիվը սպիտակուցների քայքայման հետևանքով:

Օսմոսը լայնորեն կիրառվում է լաբորատոր տեխնիկայում պոլիմերների բնութագրիչների որոշման, լուծույթների խտացման, տարբեր կենսաբանական կառույցների հետազոտման նպատակով:

Բոլոր կաթիլային հեղուկներին հատուկ է գոլորշիացումը: Սակայն տարբեր հեղուկների գոլորշիացման ուժգնությունը

տարբեր է և կախված է պայմաններից, որոնցում դրանք գտնվում են: Գոլորշիացումը բնութագրվում է հագեցած գոլորշիների ճնշումով (առաձգականությամբ): ***Հեղուկի գոլորշիների առաձգականություն են անվանում գոլորշիների մասնական (պարցիալ) ճնշումը հեղուկի վերևում, որի դեպքում գոլորշիները հավասարակշռության մեջ են գտնվում հեղուկի հետ (այսինքն՝ հեղուկը չի գոլորշիանում, գոլորշիները չեն կոնդենսացվում):*** Հագեցած գոլորշիների ճնշումն այն ճնշումն է, որի դեպքում հեղուկը դադարում է եռալ, եթե եռման ընթացքում ճնշումն անոթում բարձրանում է կամ սկսում է եռալ, եթե ճնշումն անոթում նվազում է: Հեղուկի գոլորշիների առաձգականությունը կախված է ջերմաստիճանից, և երբ միջավայրի ջերմաստիճանը հասնում է «եռման ջերմաստիճանին», գոլորշիների առաձգականությունը հավասարվում է արտաքին ճնշմանը: Այսպիսով, հեղուկի գոլորշիացումը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ տվյալ հեղուկի գոլորշիների մասնական ճնշումը շրջապատող մթնոլորտում ավելի փոքր է, քան դրա գոլորշիների առաձգականությունը:

Լուծույթում լուծված նյութի առկայության շնորհիվ լուծույթի մակերևույթին (ինչպես նաև ամբողջ ծավալում) լուծիչի մոլեկուլների թիվն ավելի փոքր է, քան կլիներ մաքուր լուծիչում: Դրան համապատասխան՝ նման մակերևույթից գոլորշիացող լուծիչի մոլեկուլների թիվը, հետևաբար լուծիչի հագեցած գոլորշիների ճնշումը լուծույթի վերևում կլինի ավելի փոքր, քան մաքուր լուծիչի մակերևույթի վերևում: Եթե լուծված նյութը նույնպես գոլորշիանում է, ապա վերը նշվածը վերաբերում է լուծիչի գոլորշիների մասնական ճնշմանը: Պարզ է, որ գոլորշու այդ առաձգականությունը պետք է համեմատական լինի լուծիչի խտությանը լուծույթում: Եթե A լուծիչում

լուծված է B նյութը և A նյութի խտությունը հավասար է N_A -ի, ապա գոլորշու P_A ճնշումը որոշվում է հետևյալ հավասարումով՝

$$P_A = N_A P_A^0 = \frac{n_A}{n_A + n_B} \cdot P_A^0 \qquad (4),$$

որտեղ n_A -ն և n_B - ն A և B նյութերի մոլերի թիվն է,

P_A^0 - ն A մաքուր նյութի հագեցած գոլորշիների ճնշումն է նույն ջերմաստիճանում:

Նույն կախվածությունը ճիշտ է նաև լուծված նյութի համար՝

$$P_B = N_B P_B^0 = \frac{n_B}{n_A + n_B} \cdot P_B^0 \qquad (5),$$

որտեղ P_B^0 -ն հագեցած գոլորշիների ճնշումն է մաքուր B նյութի վերևում: (4) և (5) հավասարումներով արտահայտված այս օրինաչափությունը անվանում են Ռաուլի օրենք (1884 թ.): Այդ օրենքը ճիշտ է իդեալական լուծույթների համար, սակայն կիրառելի է նաև բոլոր նոսր լուծույթների համար: Նոսր լուծույթների վերաբերյալ խոսքը լուծիչի գոլորշիների առաձգականության մասին է: Մասնավոր դեպքում, երբ հեղուկ լուծիչում լուծված է չցնդող նյութ, լուծույթի վերևում առաջացող գոլորշին բաղկացած է բացառապես լուծիչի մոլեկուլներից:

(4) և (5) հավասարումները կարող են գրվել հետևյալ տեսքով՝

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B} \text{ և } \frac{P_B^0 - P_B}{P_B^0} = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad (6):$$

(6) հավասարումների ձախ կողմում բաղադրիչներից մեկի ճնշման հարաբերական փոփոխությունն է, որը պայմանավորված է լուծույթի կազմում գտնվելով: Հավասարումները ցույց են տալիս, որ բաղադրիչներից մեկի գոլորշու հավասարակշռային ճնշման հարաբերական փոփոխությունը հավասար է լուծույթում մյուս բաղադրիչի խտությանը: Մասնավորապես, երբ լուծված նյութը ցնդող չէ, (6) հավասարումներից առաջինը նշանակում է, որ լուծիչի հագեցած գոլորշու առաձգականության հարաբերական փոփոխությունը հավասար է լուծված նյութի խտությանը: Իրական լուծույթներում բաղադրիչների գոլորշու ճնշման փոփոխությունը, համեմատած համապատասխան մաքուր նյութերի հետ, տեղի է ունենում ոչ միայն գոլորշիացող մոլեկուլների հարաբերական թվի փոփոխման հետևանքով: Կարևոր է նաև այն հանգամանքը, որ տարբեր է նույն (A - A կամ B $-$ B) և տարբեր (A - B) նյութերի մոլեկուլների միջև փոխազդեցության ուժը: Եթե A - B փոխազդեցության ուժերը գերազանցում են A - A փոխազդեցության ուժերը, ապա առաջինները կխոչընդոտեն լուծույթից լուծիչի մոլեկուլների գոլորշիացումը, և հագեցած գոլորշու առաձգականությունը կլինի ավելի փոքր, քան հետևում է Ռաուլի օրենքից: Հնարավոր է նաև, որ B նյութի մոլեկուլների ներկայությունը թուլացնում է A - A փոխազդեցությունը, իսկ A - մոլեկուլները թուլացնում են B $-$ B ձգողականության ուժերը: Այս դեպքում երկու բաղադրիչների մոլեկուլներն ավելի հեշտությամբ կգոլորշիանան լուծույթից, քան մաքուր նյութերից, և գոլորշու ճնշումը լուծույթի վերևում կլինի ավելի մեծ, քան ըստ Ռաուլի օրենքի: Այսպիսով, իրական լուծույթներում միշտ դիտվում են շեղումներ Ռաուլի օրենքից, և ըստ այդ շեղումների՝ կարելի է դատել լուծույթի բաղադրիչների մոլեկուլ-

ների փոխազդեցության բնույթի մասին: Վերը նշվածը վկայում է, որ Ռաուլի օրենքը հավասար չափով վերաբերում է և՛ լուծիչին, և՛ լուծված նյութին: Համաձայն այդ օրենքի՝ լուծված նյութի հագեցած գոլորշու առաձգականությունը լուծույթի վերևում համեմատական է տվյալ նյութի խտությանը լուծույթում: Նոսրացված լուծույթների վրա լուծիչի հագեցած գոլորշու ճնշումն ավելի փոքր է, քան մաքուր հեղուկի վրա: Լուծույթի խտության փոփոխման հետ միասին գոլորշու ճնշումը նույնպես փոխվում է: Գոլորշու ճնշումն ուղիղ համեմատական է լուծույթի խտությանը և կախված չէ լուծված նյութի բնույթից:

Լուծիչի մեջ լուծվող նյութի մոլեկուլների ներմուծման հետևանքով բարձրանում են հեղուկի եռման և իջնում սառեցման ջերմաստիճանները՝ լուծույթի խտությանը համեմատական չափով: Այս փոփոխությունները նույնպես կախված չեն լուծվող նյութի բնույթից:

Կենդանի համակարգերում օսմոտիկ ճնշումը պահպանվում է համեմատաբար հաստատուն մակարդակի վրա: Հաստատուն օսմոտիկ ճնշումը պահպանվում է անգամ արտաքին միջավայրի օսմոտիկ ճնշման տատանումների դեպքում: Դա պայմանավորված է օրգանիզմում գործող օսմոկարգավորման բարդ մեխանիզմներով:

Գոյություն ունեն օսմոտիկ ճնշման որոշման **ուղղակի** և **անուղղակի եղանակներ**: Ուղղակի եղանակ է օսմոտիկ ճնշման չափումը հատուկ սարքերի՝ օսմոմետրների օգնությամբ: Անուղղակի եղանակներից են կրիոսկոպիայի, էբուլիոսկոպիայի, Բարջերի և Ռաստի, ինչպես նաև ջերմաէլեկտրական եղանակները:

Օսմոմետրի միջոցով չափվում է լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը հավասարակշռող հեղուկի սյան հիդրոստատիկ ճնշումը: Այս դեպքում լուծույթը բաժանվում է լուծիչից հատուկ թաղանթով, որն անթափանցելի է լուծված նյութի մոլեկուլների համար: Սակայն, քանի որ գոյություն չունեն կատարյալ կիսաթափանցելիությամբ օժտված թաղանթներ, որոնք թափանցելի են միայն լուծիչի մոլեկուլների և բացարձակ անթափանցելի լուծված նյութի մոլեկուլների համար, կենսաբանական հետազոտություններում այս եղանակը կիրառումը նպատակահարմար չէ:

Կենսաբանական հեղուկների օսմոտիկ ճնշումը որոշելու համար ավելի հաճախ օգտագործում են անուղղակի եղանակներ:

Կրիոսկոպիայի եղանակը հիմնված է մաքուր լուծիչի համեմատ լուծույթի սառեցման կետի իջեցման որոշման վրա:

Էբուլիոսկոպիայի եղանակը հիմնված է մաքուր լուծիչի համեմատ լուծույթի եռման ջերմաստիճանի բարձրացման որոշման վրա: Սակայն էբուլիոսկոպիայի եղանակի կիրառումը կենսաբանական համակարգերի օսմոտիկ ճնշման հետազոտման համար նպատակահարմար չէ, քանի որ կատարվում է բարձր ջերմաստիճանների տակ, որոնց ազդեցության հետևանքով կարող է տեղի ունենալ կենսակոլոիդների բնափոխում:

Բարջերի և Ռաստի եղանակը օսմոտիկ ճնշման որոշման եղանակ է, որը հիմնված մաքուր լուծիչի համեմատ լուծույթի գոլորշու առաձգականության նվազման երևույթի վրա:

Այս եղանակը հնարավորություն է տալիս չափումները կատարելու սենյակային ջերմաստիճաններում՝ չվնասելով կենսակոլոիդների բնական հատկությունները, նաև հեղուկի

մեծ քանակություն չի պահանջում: Եղանակի էությունն այն է, որ հետազոտվող հեղուկի օսմոտիկ ճնշումը գնահատվում է ըստ վերջինիս և հայտնի խտությամբ ստուգիչ լուծույթների գոլորշիների առաձգականության տարբերության: Այս եղանակը թույլ է տալիս բացահայտել լուծույթների խտությունների տարբերությունը 0,1 % ճշտությամբ: Բարջերի և Ռաստի եղանակը թույլ է տալիս որոշել տարբեր կենսաբանական հեղուկների (արյան պլազմայի, ողնուղեղային հեղուկի, ստամոքսահյութի, մեզի և այլ հեղուկների) օսմոտիկ ճնշումը:

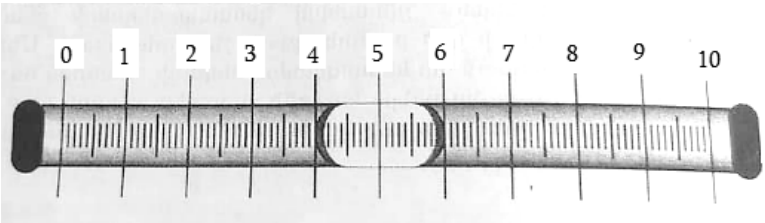
ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ
ՕՍՄՈՏԻԿ ՃՆՇՄԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԲԱՐՋԵՐԻ ԵՎ ՌԱՍՏԻ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: $NaCl$-ի 0,6-ից մինչև 1,0 % խտություններով լուծույթներ՝ 0,1 % միջակայքով, կենսաբանական հեղուկ, մանրադիտակ, ակնապակի-մանրաչափիչ, ապակյա մազանոթներ՝ 1մմ տրամագծով և 6 սմ երկարությամբ, առարկայակիր և ժամացույցի ապակիներ, պլաստիլին:

Աշխատանքի ընթացքը

1. Պատրաստել $NaCl$-ի ստուգիչ լուծույթներ:
2. Հետազոտվող հեղուկի և ստուգիչ լուծույթների 5-10 մլ ծավալով նմուշները լցնել առանձին ժամացույցի ապակիների վրա:
3. Ապակյա մազանոթի ծայրը ընկղմել ստուգիչ լուծույթի մեջ և թողնել, որ հեղուկի սյունը բարձրանա մինչև մազանոթի կեսը:

4. Մազանոթը հանել հեղուկից և զգուշությամբ շրջել, որպեսզի հեղուկի այունն իջնի դեպի մազանոթի հակառակ ծայրը:
5. Երբ հեղուկի մենիսկի և մազանոթի ծայրի միջև մնում է մի քանի միլիմետր տարածություն, մազանոթի այդ ծայրն ընկղմել հետազոտվող հեղուկի մեջ: Վերջինս նույնպես կբարձրանա մինչև մազանոթով: Մազանոթի մեջ այնքան հետազոտվող հեղուկ հավաքել, որ երկու հեղուկների միջև առաջացած օդի բշտիկ տեղակայված լինի մազանոթի մոտավորապես մեջտեղում: Օդի բշտիկը պետք է լինի գլանաձև և բավական մեծ, որպեսզի բացառի երկու լուծույթների խտությունների հարպատային հավասարեցման հնարավորությունը:
6. Մազանոթն անմիջապես տեղադրել առարկայակիր ապակու վրա և ամրացնել պլաստիլինով: Մազանոթի ծայրերը պլաստիլինով փակել այնպես, որ հեղուկը դուրս չհոսի:
7. Մազանոթով առարկայակիր ապակին տեղադրել մանրադիտակի սեղանիկի վրա և ակնապակի-մանրաչափիչով տեսադաշտում գտնել հեղուկներից մեկի մենիսկը և դրա տեղակայումը նշել ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի որևէ բաժանման գծիկով (նկ. 2, 4 կամ 6 նիշը)



Նկ. 2. Առարկայակիր ապակուն ամրացած մազանոթի տեսքը ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի ֆոնի վրա

8. Հետևել հեղուկի մենիսկի շարժմանը: Փոքր օսմոտիկ ճնշում (գոլորշու մեծ առանձգականություն) ունեցող լուծույթի մակերևույթից լուծիչը (ջուրը) գոլորշիանում է, և գոլորշին նստում է (կոնդեսացվում) այն լուծույթի սյան մակերևույթին, որն ունի ավելի մեծ օսմոտիկ ճնշում (գոլորշու փոքր առաձգականություն): Դրա հետևանքով առաջին հեղուկի ծավալը փոքրանում է, երկրորդինը՝ մեծանում: Այդ երևույթը դրսևորվում է մենիսկի շարժումով, որը միշտ ուղղված է փոքր խտություն ունեցող լուծույթի կողմը: Մենիսկը չի շարժվում այն դեպքում, երբ երկու հեղուկների օսմոտիկ ճնշումները հավասար են:
9. Մենիսկի շարժմանը հետևել մի քանի րոպեների ընթացքում:
10. Գրանցել մենիսկի շարժման ուղղությունը:
11. Հաջորդաբար համեմատելով հետազոտվող հեղուկը ստուգիչ լուծույթների հետ՝ գտնել այն ստուգիչ լուծույթը, որի դեպքում համեմատվող հեղուկների ծավալները չեն փոխվում, մենիսկները չեն շարժվում: Դա նշանակում է, որ հետազոտվող լուծույթի օսմոտիկ խտությունը հավասար է ստուգիչ լուծույթի խտությանը:

Եթե պատրաստված ստուգիչ լուծույթների մեջ չկա այնպիսին, որի հետ համեմատության դեպքում մենիսկի տեղաշարժ չի նկատվում, կամ երկու իրար հաջորդող խտություններով ստուգիչ լուծույթների հետ համեմատության դեպքում գրանցվում են մենիսկի շարժման հակառակ ուղղություններ, ապա հետազոտվող հեղուկի օսմոտիկ խտությունը գտնվում է այդ երկու ստուգիչների խտությունների միջև: Այս դեպքում հետազոտվող լուծույթի օսմոտիկ խտությունն ընդունում ենք

հավասար ստուգիչ երկու վերոհիշյալ լուծույթների խտությունների միջին թվաբանական արժեքին:

Մանրադիտակային դիտումների համար նպատակահարմար է ստուգիչ լուծույթները ներկել մեթիլեն կապույտով կամ այլ գունանյութով, օգտագործել գունանյութի չնչին քանակություններ, որպեսզի չփոխվի լուծույթի խտությունը:

Եթե լուծույթները չեն ներկում, ապա չսխալվելու համար մանրադիտակի սեղանիկի վրա հետազոտվող (կամ ստուգիչ) լուծույթը պետք է լինի միշտ նույն կողմում: Ջրի գոլորշիացումից խուսափելու համար, որի հետևանքով կարող է փոխվել լուծույթի խտությունը, լուծույթներն անհրաժեշտ է միշտ պահել փակ անոթներում և ժամացույցի ապակու վրա լցնել մազանոթը լցնելուց անմիջապես առաջ:

Դիտարկումները գրանցել աղյուսակում:

Աղյուսակ 1

Ստուգիչ լուծույթ, %	Մենիսկի շարժման ուղղությունը	Հետազոտվող լուծույթ
0.5	← (→)	X
0.6	← (→)	X
0.7		X
0.8		X
0.9		X
1	→(←)	X

Հետազոտվող լուծույթի խտությունն արտահայտել մոլյար խտությամբ և տեղադրելով (3) բանաձևի մեջ՝ հաշվարկել օսմոտիկ ճնշումը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ԱՆՀԱՅՏ ՀԵՂՈՒԿԻ ՕՍՄՈՏԻԿ ՃՆՇՈՒՄԸ:

1. Պատրաստել $NaCl$-ի ստուգիչ լուծույթներ խտությունների 0.5-1.0% միջակայքում, որոնց խտությունները տարբերվում են 0.1 %-ով:
2. Վերը նկարագրված եղանակով որոշել՝ որ տիրույթում է գտնվում անհայտ լուծույթի օսմոտիկ խտությունը, այսինքն՝ որոշել վերջինիս մոտավոր արժեքը:
3. Պատրաստել ստուգիչ լուծույթներ՝ տվյալ միջակայքին համապատասխան խտություններով, որոնց խտությունները կտարբերվեն միմյանցից արդեն 0.1 %-ով:
4. Կրկնել փորձը նոր ստուգիչ լուծույթներով և որոշել անհայտ լուծույթի խտության ստույգ արժեքը:
5. Հաշվարկել ուսումնասիրվող լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՐՈՇԵԼ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿԻ ՕՍՄՈՏԻԿ ՃՆՇՈՒՄԸ:

Պատրաստել $NaCl$-ի 0,5-1.0% խտություններով 0,1% միջակայքով ստուգիչ լուծույթներ: Հետազոտությունը կատարել վերոհիշյալ հաջորդականությամբ՝ հետևելով հետազոտվող հեղուկի մենիսկի շարժմանը տարբեր ստուգիչների հետ համակցության դեպքում:

Որոշել հետազոտվող հեղուկի խտությունը և հաշվարկել օսմոտիկ ճնշումը:

4. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆ

Կենսաբանական համակարգերը բաց թերմոդինամիկ համակարգեր են, որոնք անընդհատ նյութափոխանակություն են իրականացնում արտաքին միջավայրի հետ: Այդ փոխանակությունը հնարավոր է շնորհիվ բջջի բջջաթաղանթով արտաքին միջավայրից ներքին ծավալ և հակառակ ուղղությամբ տարբեր նյութերի փոխադրման հնարավորության: ***Բջջաթաղանթների նյութերի փոխադրման ունակությունը կոչվում է թափանցելիություն:*** Թափանցելիության ուսումնասիրությունը մեծ նշանակություն ունի նյութերի փոխանակության, բջիջների և դրանց կենսամիջավայրի միջև նյութերի բաշխվածության, թաղանթների վրա կենսապոտենցիալների ձևավորման ու այլ հարցերի պարզաբանման համար: Ուսումնասիրել թաղանթների թափանցելիությունը նշանակում է հետազոտել այն երևույթները, որոնք տեղի են ունենում կենդանի օրգանիզմն անկենդան շրջակա միջավայրից բաժանող սահմանագծի վրա: Թափանցման մեխանիզմների ուսումնասիրությունը կարևոր նշանակություն ունի ինչպես բնականոն վիճակում, այնպես էլ հիվանդագին փոփոխությունների ընթացքում նյութերի փոխանակության, օրգանիզմի և միջավայրի միջև դրանց բաշխման և բազմաթիվ այլ գործընթացների մեխանիզմների պարզաբանման համար: Ուստի թաղանթների թափանցելիության ուսումնասիրման կենսաբանական նշանակությունը կապված է կենսաբանության և բժշկության մի շարք գործնական խնդիրների լուծման հետ: Հատկապես կարևոր նշանակություն ունի թափանցելիության ուսումնասիրությունը բժշկության մեջ: Մասնավորապես ախտահարված հյուսվածքների բջիջներ դեղամիջոցների թափանցման արագության ու

այնտեղ վերջիններիս կուտակման ուսումնասիրությունը թույլ կտա բարձրացնել կիրառվող բուժման արդյունավետությունը:

Թափանցելիությունը դինամիկ հասկացություն է, հետևաբար հարկավոր է հաշվի առնել ոչ թե նյութերի վերջնական բաշխումը, այլ տվյալ նյութի արտաքին միջավայրից կենսաբանական համակարգ կամ հակառակ ուղղությամբ անցման կինետիկան: Բջջաթաղանթով նյութերի անցումը կարող է իրականանալ ինչպես ակտիվ, այնպես էլ պասիվ եղանակով: Պասիվ տեղափոխությունը տեղի է ունենում օսմոսի և դիֆուզման եղանակներով խտությունների, օսմոտիկ և էլեկտրական գրադիենտների առկայության, ինչպես նաև հիդրոստատիկ ճնշումների տարբերության դեպքում:

Թափանցումը կարող է ընթանալ ոչ միայն ըստ խտության գրադիենտի, այլ նաև դրան հակառակ ուղղությամբ՝ ակտիվ տեղափոխությամբ: Բջջաթաղանթով լիցքավորված մասնիկների թափանցումը կախված է թաղանթի էլեկտրաքիմիական գրադիենտից: Իոնների տեղափոխումը խտության գրադիենտին հակառակ ուղղությամբ կարող է իրականանալ միայն էներգիայի ծախսով: Ակտիվ տեղափոխությունն իրականացվում է թաղանթային պոմպերի աշխատանքի շնորհիվ, ինչպես նաև էնդոցիտոզի և էկզոցիտոզի եղանակով:

Խտությունների տարբերության առկայության պայմաններում ընթացող դիֆուզիայի մաթեմատիկական նկարագիրը տվել է Ֆիկը, որի համաձայն՝ թաղանթով նյութի դիֆուզման արագությունը (dm/dt) համեմատական է խտությունների գրադիենտին (dc/dx) և դիֆուզման ուղղությանը ուղղահայաց մակերևույթի (թաղանթի, որով դիֆուզվում է նյութը) մակերեսին (S)՝

$$\frac{dm}{dt} = -DS\frac{dc}{dx} \qquad (1),$$

որտեղ m - ը դիֆուզվող նյութի քանակությունն է, գ,

t - ն՝ ժամանակը, վրկ,

D - ն՝ դիֆուզիայի գործակիցը, սմ^2·վրկ $^{-1}$,

S - ը՝ մակերևույթի մակերեսը, սմ^2,

c - ն՝ նյութի խտությունը, գ·սմ^3,

x - ը՝ դիֆուզվող նյութի անցած ճանապարհը, սմ:

Դիֆուզիայի գործակցի թվային արժեքը հավասար է միավոր ժամանակում միավոր մակերեսով դիֆուզված նյութի քանակությանը, երբ խտությունների գրադիենտը հավասար է մեկի: Այն կախված է նյութի բնույթից և ջերմաստիճանից ու բնութագրում է նյութի դիֆուզվելու ունակությունը:

Ֆիկի հավասարումը նկարագրում է նյութերի տեղափոխումը ազատ դիֆուզման դեպքում, մինչդեռ կենսաբանական թաղանթներով տեղի ունեցող դիֆուզումը ունի այլ բնույթ, և դիֆուզման գործակիցը ունի այլ ֆիզիկաքիմիական իմաստ: Քանի որ կենսաբանական թաղանթներով դիֆուզվող նյութը կարող է փոխազդել թաղանթի հետ, այդ համակարգում ընթացող նյութի թափանցման արագությունը բնութագրվում է Կոլլենդեռի և Բեռլունդի բանաձևով, որտեղ դիֆուզիայի գործակիցը փոխարինված է թափանցելիության գործակցով՝

$$\frac{dm}{dt} = -PS\left(c_1 - c_2\right) \qquad (2),$$

որտեղ P -ն թափանցելիության գործակիցն է,

c_1 - և c_2 -ը՝ տեղափոխվող նյութի խտությունները թաղանթի երկու կողմերում:

Թափանցելիության գործակիցը, ի տարբերություն դիֆուզիայի գործակցի, կախված է ոչ միայն նյութի բնույթից ու ջերմաստիճանից, այլ նաև թաղանթի հատկություններից ու գործառական վիճակից:

Ջրի թափանցելիությունը որոշվում է նույն եղանակով, սակայն խտությունների տարբերության փոխարեն օգտագործում են բջջի պարունակության և արտաքին միջավայրի օսմոտիկ ճնշումների տարբերությունը:

Համաձայն վերը բերված բանաձևերի՝ դիֆուզման արագությունը պետք է նվազի ժամանակի ընթացքում՝ խտությունների գրադիենտի նվազմանը զուգընթաց: Խտության գրադիենտը նվազում է դիֆուզվող հանդիպակած հոսքերի հավասարման հետևանքով: Սակայն, քանի որ կենդանի բջիջը բաց կենսաբանական համակարգ է, արտաքին միջավայրի հետ իրականացվող նյութերի փոխանակությունը երբեք չի դադարում: Ուստի, եթե նյութը բջջում ենթարկվում է վերափոխման, այսինքն՝ մտնում է որևէ քիմիական ռեակցիայի մեջ, ապա այդ նյութի թափանցման արագությունը երբեք չի նվազի, և այն կախված է նյութափոխանակության ինտենսիվությունից: Այս դեպքում թաղանքի միջով երկու ուղղություններով՝ դեպի բջիջ և բջջից դուրս, նյութի թափանցման արագությունները հավասար չեն: ***Այդ երևույթը կոչվում է միակողմանի թափանցելիություն:***

Միակողմանի թափանցելիության հիմքում ընկած են թափանցող նյութի և կենսաբանական համակարգի՝ բջջի, հյուսվածքի, օրգանի, բազմաթիվ ֆիզիկաքիմիական հատկություններ: Մասնավորապես այն կախված է թափանցող նյութի մոլեկուլների ֆիզիկաքիմիական վերափոխման ենթարկվելու ունակությունից, բջջի և արտաքին միջավայրի միջև առկա ֆի-

զիկաքիմիական անհամաչափությունից. կարևոր նշանակություն ունեն pH-ը, օքսիդավերականգնողական պոտենցիալը և կենսաբանական համակարգի ադսորբելու ունակությունը:

Բջջաթաղանթների ընտրողական թափանցելիությունը փոխվում է տարբեր գործոնների ազդեցության տակ: Բջջաթաղանթների թափանցելիության վրա վերջիններիս ազդեցությունը որոշելու համար կարելի է չափել բջջից նյութափոխանակության տարբեր արգասիքների ելքը:

Բետացիանինը ճակնդեղի գունակ է, որն ունի համեմատաբար խոշոր, ջրում լավ լուծվող մոլեկուլ: Բջջում այս գունակը կուտակվում է բջջահյութում: Արտաքին միջավայրում հայտնվելու համար բետացիանինը պետք է անցնի տոնոպլաստով, ցիտոպլազմայով և պլազմալեմով: Կենդանի բջիջների տոնոպլաստն անթափանցելի է այս գունակի մոլեկուլների համար: Վակուոլից արտաքին միջավայր բետացիանինի դիֆուզիան կարող է բավական արագ ընթանալ թաղանթների թափանցելիությունը բարձրացնող տարբեր գործոնների ներգործության հետևանքով: Վերջիններիս ազդեցությունը կարելի է գնահատել՝ հետևելով ժամանակի ընթացքում բջիջներից հեռացող նյութի, մասնավորապես բետացիանինի՝ քանակի փոփոխությանը՝ ըստ օպտիկական խտության փոփոխության: Չափելով ինկուբացիոն միջավայրի օպտիկական խտությունը՝ կարելի է գնահատել թաղանթների թափանցելիության վրա այս կամ այն գործոնի ներգործության աստիճանը:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Թորած ջուր, քացախաթթվի 30 % լուծույթ, 96 % էթանոլ, փորձանոթներ, ջրային

բաղնիք, սպեկտրաֆոտոմետր կամ ֆոտոէլեկտրակոլոմետր, ճակնդեղի արմատապտուղ:

ՏՈՆՈՊԼԱՍՏԻ ԵՎ ՊԼԱՋՄԱԼԵՄԻ ԲԵՏԱՑԻԱՆԻՆԻ ՀԱՄԱՐ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐՔՈ

ՆԱԽԱՊԱՏՐԱՍՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ

1. Ճակնդեղի արմատապտուղը ծածկող հյուսվածքները հեռացնելուց հետո բաժանել խորանարդիկների (մոտավորապես 5 x 5 x 5 չափի):
2. Ստացված փորձանյութը խնամքով լվանալ 5-10 րոպեների ընթացքում այնքան, որ հեռացվի վնասված բջիջներից դուրս եկած գունակը:
3. Արմատապտղի յուրաքանչյուր կտորը տեղադրել առանձին փորձանոթի մեջ և վրան ավելացնել 5 մլ համապատասխան լուծույթից:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԲՋՋԱԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ:

1. Արմատապտղի կտորներով երեք փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ թորած ջուր: Փորձանոթներից մեկը թողնել սենյակային ջերմաստիճանի (20-22°C) պայմաններում, երկրորդը ենթարկել ջերմային մշակման 2-3 րոպեների ընթացքում՝ ջրային բաղնիքում 37°C , իսկ 3-րդը՝ 47°C պայմաններում:

2. 30 րոպե հետո բոլոր երեք փորձանոթներն ուժգնորեն թափահարել, հեռացնել ճակնդեղի կտորները:
3. Որոշել յուրաքանչյուր փորձանոթի հեղուկի օպտիկական խտությունը՝ սպեկտրաֆոտոմետրով աշխատելու դեպքում՝ 535 նմ ալիքի երկարության տակ, ֆոտոէլեկտրակոլոմետրով աշխատելու դեպքում՝ 540 նմ (ընտրել կանաչ լուսազտիչը): Որպես ստուգիչ օգտագործել թորած ջուր:
4. Գրանցել ստացված տվյալները: Գրել եզրակացություն:

Աղյուսակ 1

Ջերմաստիճան °C			
Օպտիկական խտություն D			

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԲՋՋԱԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ:

1. Արմապտղի կտորներով փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ հեղուկ հետևյալ սխեմայով՝
   - ✓ 1-ին փորձանոթի մեջ՝ թորած ջուր,
   - ✓ 2-3-րդ փորձանոթների մեջ՝ քացախաթթվի 30 % լուծույթ,
   - ✓ 4-5-րդ փորձանոթների մեջ՝ 96% էթանոլ:
2. 30 րոպե հետո բոլոր հինգ փորձանոթներն ուժգնորեն թափահարել, հեռացնել ճակնդեղի կտորները և որոշել յուրաքանչյուր փորձանոթի հեղուկի օպտիկական խտությունը:
3. Վերլուծել ստացված տվյալները: Գրել եզրակացություն:

Աղյուսակ 2

Փորձանմուշների մշակման տարբերակները	Ալիքի երկարություն	Օպտիկական խտություն
1		
2		
3		
4		
5		

5. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՒՌՉԵՑՈՒՄ ԵՎ ՍՏՐԻԿՑԻԱ

Ուռչեցումը պինդ կամ ամորֆ մարմնի ծավալի աճի գործընթացն է արտաքին միջավայրից հեղուկի կամ գոլորշու կլանման հետևանքով: *Ուռչեցում են անվանում նաև կոլոիդի կողմից հեղուկի կլանումը:* Կոլոիդ լուծույթ կամ կոլոիդ համակարգ, զոլ են անվանում այն համակարգը, որում լուծված նյութի մասնիկները մեծ են լուծիչի մոլեկուլներից (հեղուկ կամ գազային դիսպերս միջավայր), այսինքն՝ համակարգը հետերոգեն է, սակայն դրա մասնիկները դեռևս չեն բաժանվում ծանրության ուժի ազդեցության տակ:

Շատ կենսաբանական համակարգեր գոյություն ունեն կոլոիդ լուծույթների տեսքով, որոնք կարող են լինել հիդրոֆոբ կամ հիդրոֆիլ: Հիդրոֆոբ զոլը (օրինակ՝ կավը կամ ածուխը ջրում) վանում է ջուրը, իսկ հիդրոֆիլ զոլը (ժելատին, ագար)՝ ձգում: Օրգանիզմներում պարունակվող կոլոիդ լուծույթների մեծ մասը, մասնավորապես սպիտակուցային լուծույթները հիդրոֆոբ զոլեր են: Հիդրոֆոբ զոլի մածուցիկությունը կարելի է մեծացնել՝ բարձրացնելով դրա խտությունը կամ իջեցնելով

ջերմաստիճանը: Ի վերջո, մածուցիկության բարձրացման արդյունքում զոլը կարող է սառել (պնդանալ): Այդպիսի սառած զոլը կոչվում է գել: Գելը շատ թե քիչ խիտ կոլոիդ համակարգ է, որը, ըստ էության, շատ չի տարբերվում զոլից: Զոլ-գել անցումների վրա ազդում են նաև այնպիսի գործոններ, ինչպիսիք են իոնային կազմը, pH-ը, ճնշումը: Այս ամենը որոշակի պայմաններում կարող է կարևոր դերակատարություն ունենալ կենդանի բջիջներում:

Ուռչեցման երևույթն ընկած է չոր սերմի սերմնամաշկով ջրի ներծծման հիմքում: Սպորավոր բույսերի անտերիդիումներից գամետների դուրս գալը նույնպես պայմանավորված է կոլոիդների ուռչեցմամբ:

Գելի կողմից հեղուկի կլանումը ուղեկցվում է ինչպես ծավալի, այնպես էլ զանգվածի մեծացմամբ:

Ուռչեցման վաղ փուլում տեղի է ունենում կոլոիդ մասնիկների մակերևույթին առկա ակտիվ խմբերի շուրջը սոլվատային թաղանթի առաջացում, որն ուղեկցվում է ջերմության արտադրությամբ: Ուռչեցման վերջին փուլում տեղի է ունենում հեղուկի թափանցում միջմիցելային տարածություն, ինչը, սակայն, չի ուղեկցվում նկատելի ջերմարտադրությամբ:

Ուռչեցումը բնութագրվում է *ուռչեցման աստիճանով* ու *արագությամբ:* **Ուռչեցման աստիճանը** *հեղուկի առավելագույն քանակն է, որը կարող է կլանել գելի (կամ հյուսվածքի) միավոր զանգվածը կամ ծավալը*: Այն կախված է միցելի սոլվատացման աստիճանից, գելի առաձգականությունից, ամրությունից և ջերմաստիճանից: Ուռչեցման աստիճանը կարելի է հաշվարկել հետևյալ բանաձևով՝

$$f = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \quad (1),$$

որտեղ f -ը ուռչեցման աստիճանն է,

P_1 -ը՝ հյուսվածքի սկզբնական կշիռը,

P_2 -ը՝ հյուսվածքի կշիռն ուռչելուց հետո:

Ուռչեցման արագությունն որոշվում է հեղուկի այն քանակությամբ, որը կլանվում է հյուսվածքում միավոր ժամանակում: Այս բնութագրիչը կախված է հեղուկի մածուցիկությունից և գործնականորեն քիչ է կախված ջերմաստիճանից: Ուռչեցման արագությունը կարելի է հաշվարկել հետևյալ բանաձևով՝

$$V = \frac{P_2 - P_1}{tP_1} \quad (2),$$

որտեղ V -ն ուռչեցման արագությունն է,

t -ն՝ ժամանակը:

Հյուսվածքների ուռչեցման արագությունը և աստիճանը կախված են միջավայրի աղային բաղադրությունից, pH-ից, կոլոիդի օսմոտիկ ճնշումից և բազմաթիվ այլ գործոններից: Հյուսվածքների ուռչեցման վրա հատկապես մեծ ազդեցություն ունի pH-ի արժեքը: Որոշակի միջակայքում միջավայրի pH-ի փոփոխությունը՝ հիմնայնացումը կամ թթվայնացումը, ուժեղացնում է ուռչեցումը, իսկ այդ միջակայքի սահմաններից դուրս pH-ի փոփոխությունը հանգեցնում է ուռչեցման անկմանը:

Օրգանիզմի կենսագործունեությունում կենսակոլոիդների ուռչելու ունակությունը շատ կարևոր է և բջիջների ու հյուս-

վածքների ջրային հաշվեկշիռը կարգավորող հիմնական գործոններից է: Հյուսվածքների ուռչեցման աստիճանը կախված է վերջիններիս ֆունկցիոնալ վիճակից և փոփոխվում է տարբեր ախտաբանական վիճակներում: Օրինակ՝ այն խիստ փոխվում է այրվածքների, բորբոքումների, չարորակ նորագոյացությունների զարգացման ժամանակ:

Կենսահամակարգի բաղադրիչները կարող են տարբեր կերպ արձագանքել միջավայրի պայմանների փոփոխությանը: Օրինակ՝ միջավայրի pH-ի և աղերի խտությունների փոփոխությունը տարբեր ազդեցություն են թողնում շարակցական հյուսվածքի հիմնական նյութի և կոլագենի ուռչեցման ու ջրազրկման վրա: Մասնավորապես շարակցական հյուսվածքում ջրածնի իոնների խտության բարձրացման դեպքում հիմնական նյութի ուռչումն աննշան է, իսկ կոլագենինը՝ շատ ուժեղ:

Կենսաբանական հյուսվածքների ուռչեցման աստիճանը չափում են տարբեր եղանակներով, որոնք հիմնված են ուռչող գելի կշռի, երկարության, ծավալի չափման վրա: Կենսաբանական հետազոտություններում առավել լայն կիրառում է գտել կշռային եղանակը, որը շատ պարզ է և հարմար լաբորատոր պայմաններում օգտագործելու համար:

Ուռչեցման գործընթացի ուսումնասիրությունը ժամանակի ընթացքում ցույց է տվել, որ այդ գործընթացի վաղ փուլում տեղի է ունենում ուռչող գելի և դրան շրջապատող հեղուկի գումարային ծավալի փոքրացում, սեղմում: Այդ երևույթը կոչվում է *ստրիկցիա*: Ստրիկցիային հաջորդում է ծավալի մեծացումը՝ ուռչեցումը:

Ստրիկցիան պայմանավորված է նրանով, որ գելի միցելների շուրջ առաջանում են սոլվատային թաղանթներ, որոն-

ցում լուծիչի մոլեկուլներն ավելի խիտ են դասավորված, ինչը հանգեցնում է գելի ընդհանուր ծավալի նվազմանը:

Լուծիչի մոլեկուլները կարող են ոչ միայն ադսորբվել միցելի մակերևույթին, այլ նաև թափանցել վերջինիս մեջ: Այդ երկու գործընթացները տեղի են ունենում միաժամանակ և պայմանավորում են գելի ծավալի փոքրացում: Ուստի ստրիկցիայի ժամանակ ուռչող գելի ծավալը ավելի փոքր է, քան գելի ելակետային և հեղուկի ծավալների գումարը: Ստրիկցիայի երևույթը բնորոշ է նաև կենդանի հյուսվածքների սպիտակուցներին: Կախված հյուսվածքների ֆիզիկաքիմիական կառուցվածքից և դրանց ֆունկցիոնալ ու ախտաբանական վիճակից՝ ստրիկցիայի բնույթը կարող է փոխվել: Հետևաբար ստրիկցիայի կինետիկայի ուսումնասիրությունը ունի մեծ նշանակություն հյուսվածքների վիճակի գնահատման համար:

Հյուսվածքների ստրիկցիայի կինետիկան կարելի է ուսումնասիրել համեմատաբար պարզ եղանակով, որը հիմնված է ուսումնասիրվող համակարգում հեղուկի սյան մակարդակի փոփոխության վրա:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Ոլորակշեռք, $NaCl$ -ի 0,65% լուծույթ՝ ֆիզիոլոգիական լուծույթ սառնարյուն կենդանիների համար, Մաք-Իլվենի բուֆերային լուծույթներ (pH 5,2, 7,1, 8,0), HCl -ի 0,1Ն և $NaOH$ -ի 0,1Ն լուծույթներ, վազելին, թանզիֆ, բամբակ, ֆիլտրի թուղթ, պատրաստուկային գործիքներ, ապակյա բաժակներ, ստրիկցիայի անոթ, հորիզոնական դիտման մանրադիտակ ակնապակի-մանրաչափիչով, համապիտանի ամրակալան (ունիվերսալ շտատիվ), գորտեր:

ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՒՌՉԵՑՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿՇՌԱՅԻՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Գորտն անշարժեցնել՝ վնասելով ողնուղեղը և գլխուղեղը, գնդասեղներով ամրացնել պատվանդանին:
2. Բացել որովայնային խոռոչը և առանձնացնել հետազոտվող հյուսվածքները:
3. Առանձնացված հյուսվածքները լվանալ ֆիզիոլոգիական լուծույթով, զգուշությամբ, առանց սեղմելու չորացնել ֆիլտրի թղթով և բաժանել հավասար մասերի՝ 100-200 մգ քաշով, ոլորակշեռքի օգնությամբ: Հյուսվածքն անհրաժեշտ է բաժանել այնպես, որ ստացվող կտորների մակերևույթը լինի հնարավորին չափ հարթ՝ առանց ավելորդ կտրվածքների, քանի որ կարևոր է ստանալ հյուսվածքի հավասար ու նույնանման ներծծման մակերես ունեցող կտորներ:
4. Կշեռելու համար հյուսվածքի կտորները հագցնել կեռիկների վրա և կշռել: Այդ կեռիկները պետք է մնան հյուսվածքի մեջ ամբողջ փորձի ընթացքում:
5. Կշռված կտորը տեղադրել համապատասխան հեղուկով լցված բաժակի մեջ: Հեղուկի ծավալը բաժակում պետք է լինի այնպիսին, որ հյուսվածքի կտորն ամբողջությամբ ընկղմվի նրա մեջ: Հյուսվածքի յուրաքանչյուր կտորի համար հարկավոր է վերցնել առանձին բաժակ:
6. Հեղուկի մեջ ընկղմելուց 5 ր հետո հյուսվածքի կտորը հեղուկից հանել՝ բռնելով կեռիկից, զգուշությամբ չորացնել այնպես, որ հյուսվածքից չհեռացվի կլանված հեղուկը և կշռել: Կշռված կտորը կրկին ընկղմել հեղուկի մեջ:

7. Չափումները կրկնել 5 ր պարբերականությամբ՝ այնքան ժամանակ, մինչև ուռչող հյուսվածքի կշիռն այլևս չփոխվի:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԳՈՐՏԻ ՏԱՐԲԵՐ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՒՌՉԵՑՈՒՄԸ:

1. Երեք ապակյան բաժակների մեջ լցնել 5-ական մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ՝ սառնարյուն կենդանիների համար:
2. Գորտի մարմնից առանձնացնել ձկնանման մկանի, լյարդի և մաշկի կտորներ:
3. Հյուսվածքների կտորները կշռելուց հետո տեղադրել առանձին բաժակների մեջ:
4. Հետևել ուռչեցման գործընթացին՝ յուրաքանչյուր 5 ր մեկ կատարելով չափումներ վերոնշյալ եղանակով: Ստացված տվյալների հիման վրա հաշվարկել յուրաքանչյուր հյուսվածքի կշռի փոփոխության չափը՝ արտահայտելով տոկոսներով (ընդունելով ելակետային կշիռը հավասար 100 %-ի) և միևնույն կոորդինատային համակարգում կառուցել ժամանակից կախված կշռի փոփոխության կորեր:

Հաշվել ուռչեցման աստիճանը և արագությունը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԳՈՐՏԻ ՄԿԱՆԱՅԻՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔԻ ՈՒՌՉԵՑՄԱՆ ՎՐԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ pH-Ի ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ:

1. Պատրաստել Մաք-Իլվենի բուֆերային լուծույթներ՝ 5,2; 7,1 և 8,0 pH-ով (ըստ «Հավելվածի» աղ. 3):
2. Երեք ապակյա բաժակների մեջ լցնել 5-ական մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ: Առաջին բաժակի մեջ ֆիզիոլոգիական լուծույթին ավելացնել 1 մլ 5,2 pH ունեցող բուֆերային լուծույթ, երկրորդ և երրորդ բաժակների մեջ՝ 1-ական մլ հա-

մապատասխանաբար 7,1 և 8,0 pH-ով բուֆերային լուծույթներ: Չորրորդ բաժակում պետք է լինի միայն ֆիզիոլոգիական լուծույթ (6 մլ):

3. Յուրաքանչյուր բաժակի մեջ ընկղմել վերը նշված եղանակով նախօրոք կշռված գորտի մկանի մեկ կտոր:
4. Յուրաքանչյուր 5 ր մեկ հանել հյուսվածքի կտորը լուծույթից, խնամքով չորացնել ֆիլտրի թղթով և կշռել:
5. Ստացված տվյալները մշակել, ինչպես նկարագրված է առաջադրանք 1-ում:

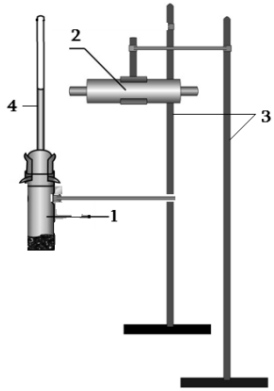
ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ՈՒԺԵՂ ԹԹՎԻ ԵՎ ՀԻՄՔԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԳՈՐՏԻ ՄԿԱՆԱՅԻՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔԻ ՈՒՌՉԵՑՄԱՆ ՎՐԱ:

1. Վերցնել երեք ապակյա բաժակներ: 1-ին բաժակի մեջ լցնել 1մլ HCl-ի 0,1Ն լուծույթ, 2-րդի մեջ՝ 1մլ $NaOH$-ի 0,1Ն լուծույթ:
2. Երրորդի բաժակի մեջ լցնել 6 մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ (ստուգիչ):
3. Յուրաքանչյուր լուծույթի մեջ ընկղմել գորտի ձկնանման մկանի նախօրոք կշռված մեկ կտոր:
4. Նշված հաջորդականությամբ կատարել անհրաժեշտ գործողությունները:
5. Ստացված տվյալները մշակել ինչպես նկարագրված է առաջադրանք 1-ում:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԳՈՐՏԻ ՄԿԱՆԻ ԵՎ ԼՅԱՐԴԻ ՍՏՐԻԿՑԻԱՆ:

Ստրիկցիայի ուսումնասիրման համար օգտագործում են հատուկ հղկված խցան ունեցող անոթ, որի խցանով անցնում է մազանոթ (նկ.1):

Փորձի ընթացքում անհրաժեշտ է պահպանել կայուն ջերմաստիճան:



Նկ.1. Հյուսվածքների ստրիկցիայի որոշման սարք.
1 – հյուսվածքով անոթ ստրիկցիցի համար, 2 – հորիզոնական մանրադիտակ, 3 – համապիտանի ամրակալաններ, 4 – մազանոթ՝ հեղուկի սյունով

ՍՏՐԻԿՑԻԱ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Գորտին անշարժացնելուց հետո ձկնանման մկանից և լյարդից առանձնացնել 100-200 մգ քաշով մեկական կտոր:
2. Հյուսվածքների նմուշներն օգտագործելուց առաջ մկրատով մանրացնել և վերածել խյուսի:
3. Հյուսվածքների ստրիկցիայի ուսումնասիրությունը սկսելուց առաջ կատարել ստուգիչ փորձ: Ստրիկցիայի համար

անոթի մեջ լցնել ֆիզիոլոգիական լուծույթը (սառնարյուն կենդանիների համար) այնքան, մինչև դրա մենիսկը հաստատվի մազանոթի մեջտեղում:

4. Հետևել, որ խցանի մազանոթում և անոթում բշտիկներ չլինեն, հակառակ դեպքում անոթը պետք է դատարկել և կրկին լցնել:
5. Հեղուկով անոթն ամրացնել համապիտանի ամրակալանին և երկրորդ ամրակալանին ամրացված հորիզոնական մանրադիտակի օբյեկտիվն ուղղել մազանոթով բարձրացած հեղուկի մենիսկին: Ամրակալանի պտուտակը թույլ է տալիս մանրադիտակի սահուն շարժումներ ցանկացած ուղղությամբ:
6. Գրանցել մենիսկի դիրքը մանրադիտակի ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի օգնությամբ:
7. Անոթը տեղադրելուց 5 ր անց գրանցել մենիսկի դիրքը:
8. Մենիսկի դիրքին հետևել 15-20 ր ընթացքում:
9. Եթե մենիսկը չի տեղաշարժվում, ապա դա նշանակում է, որ ստուգիչ փորձը հաջողված է: Այդ դեպքում կարելի է անցնել հյուսվածքների ստրիկցիայի ուսումնասիրմանը:
10. Անոթը բացել և նախօրոք պատրաստված մկանային հյուսվածքի խյուսի կշռաբաժինը տեղափոխել անոթի մեջ, խառնել և վրան ավելացնել ֆիզիոլոգիական լուծույթ մինչև եզրերը:
11. Մազանոթում հեղուկի մենիսկը հաստատել մազանոթի մեջտեղում:
12. Անոթն ամրացնել համապիտանի ամրակալանին:
13. Մանրադիտակի օբյեկտիվն ուղղել մենիսկի վրա և յուրաքանչյուր 5 ր մեկ գրանցել վերջինիս դիրքը մանրադիտակի ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի օգնությամբ:

14. Նույն գործողությունները կատարել լյարդի ստրիկցիան ուսումնասիրելու համար:

Քանի որ ստրիկցիայի հետևանքով հեղուկի և հյուսվածքի գումարային ծավալը նվազում է, մենիսկը պետք է իջնի (օբյեկտիվի տեսադաշտում բարձրանա): Եթե մենիսկը մնում է անշարժ կամ բարձրանում է, ապա ստրիկցիայի անոթը սխալ է լցված: Այդ դեպքում գործողությունները պետք է կրկնել:

Ստացված տվյալները ներկայացնել գրաֆիկորեն՝ աբսցիսի առանցքի վրա տեղադրելով ժամանակը, օրդինատի վրա՝ մենիսկի դիրքը՝ ըստ ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի ցուցմունքների:

6. ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԴԻՄԱՑԿՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

Էրիթրոցիտների կյանքի ընթացքում ծայրամասային (պերիֆերիկ) արյան մեջ տեղի են ունենում նրանց ֆիզիկաքիմիական հատկությունների փոփոխություններ, ուլտրակառուցվածքային փոփոխություններ, որոնք ուղեկցվում են ֆիզիոլոգիական գործառույթների փոփոխություններով և, ի վերջո, հանգեցնում են հեմոլիզի:

Հեմոլիզ են անվանում էրիթրոցիտներից հեմոգլոբինի դուրս գալու երևույթը, որը պայմանավորված է տարբեր գործոնների ազդեցությամբ առաջացած բջջաթաղանթի վնասվածքով:

Էրիթրոցիտների դիմացկունությունը հեմոլիզ առաջացնող գործոնների ազդեցությանը որոշվում է այդ գործոններով հարուցված հեմոլիզի զարգացման արագությամբ, հեմոլիզի

տևողությամբ և կախված է պլազմալեմի ֆիզիկաքիմիական հատկություններից:

Տարբերում են հեմոլիզ հարուցող տարբեր բնույթի գործոններ՝ օսմոտիկ, քիմիական, ուլտրաձայնային, ջերմային (սառեցման, տաքացման), կենսաբանական և այլն, որոնցից առաջին երկուսն ամենատարածվածներն են:

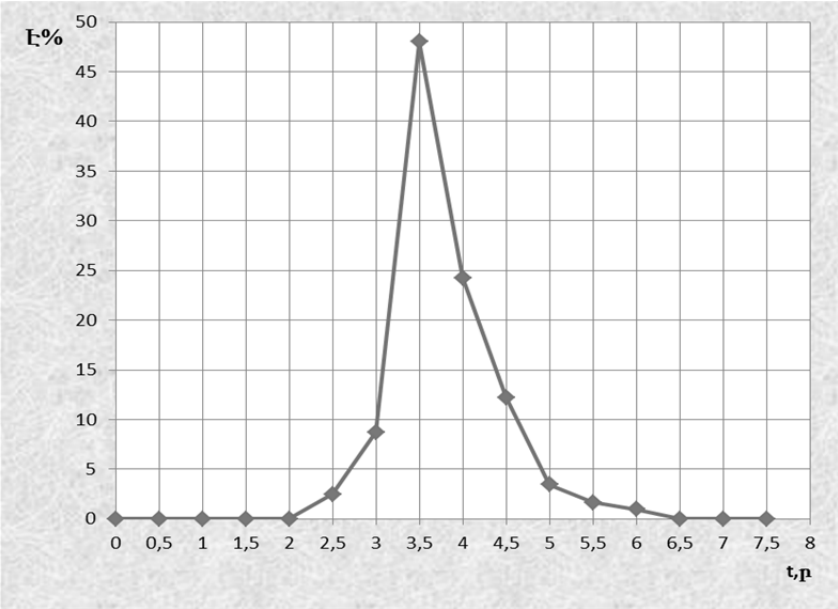
Փորձարարական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ «երիտասարդ»՝ ոսկրածուծից արյան հուն նոր անցած էրիթրոցիտներն օժտված են առավել մեծ կայունությամբ հեմոլիզ առաջացնող գործոնների նկատմամբ, իսկ «ամենածեր» էրիթրոցիտները, ընդհակառակը, ցուցաբերում են ցածր կայունություն: Միջին «տարիքի» էրիթրոցիտները կազմում են միջին կայունությամբ բնութագրվող խումբը: Էրիթրոցիտների հասունացումն ու ծերացումն արյան հունում ուղեկցվում են վերջիններիս դիմացկունության անընդհատ նվազմամբ: Ընդունված է համարել, որ արյան հունում էրիթրոցիտների ծերացումը պայմանավորված է հիմնականում դրանց թաղանթի մակերևույթի ֆիզիկաքիմիական հատկությունների փոփոխություններով: Մասնավորապես ծերացման ընթացքում էրիթրոցիտների պլազմալեմում տեղի է ունենում ֆոսֆոլիպիդների և խոլեստերոլի քանակության նվազում:

Միաժամանակ բազմաթիվ տվյալներ վկայում են այն մասին, որ էրիթրոցիտների կայունությունը կախված է ոչ միայն դրանց «տարիքից» և պլազմալեմի ֆիզիկաքիմիական հատկություններից, այլ նաև էրիթրոպոէզի բնույթից, արյան պլազմայի ֆիզիկաքիմիական հատկություններից, օրգանիզմ տարբեր կենսաբանորեն ակտիվ նյութերի ներթափանցումից, օրգանիզմի վրա տարբեր ֆիզիկական գործոնների ազդեցությունից, որոնք ազդում են բջջաթաղանթների կառուցվածքի, այն-

տեղ իրականացվող գործընթացների վրա, հարուցում են փոփոխություններ, որոնք «ծերացնում» են էրիթրոցիտները:

Այսպիսով, օրգանիզմի կենսագործունեության յուրաքանչյուր պահին էրիթրոցիտները կազմում են տարասեռ խմբեր՝ ըստ իրենց ֆիզիոլոգիական տարիքի, որից կախված է այդ բջիջների կայունությունը: Ուստի պարզաբանելու համար էրիթրոցիտների կայունության և օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակի միջև եղած կապը անհրաժեշտ է ուսումնասիրել էրիթրոցիտները ոչ թե վերջիններիս ընդհանուր զանգվածում, այլ տարբերակել ըստ կայունության:

Ի. Ի. Գիտելզոնը և Ի. Ա. Տերսկովն առաջարկել են էրիթրոցիտների դիմացկունության հետազոտման թթվային էրիթրոգրամների եղանակ, որը հնարավորություն է տալիս հետևելու արյան կազմի որակական փոփոխությանը, տարբերակելու էրիթրոցիտներն ըստ «տարիքի» և կայունության հետազոտման պահին: Էրիթրոցիտների ըստ կայունության բաշխման կորը՝ էրիթրոգրամը, ինտեգրալ կոր է, որը հնարավորություն է տալիս պատկերացում կազմելու արյունաստեղծման ու արյունաքայքայման գործընթացների մասին և տարբերակելու էրիթրոցիտներն ըստ ֆիզիոլոգիական «տարիքի» **(նկ.1):**



Նկ. 1. Առողջ մարդու արյան էրիթրոգրամը

Հարմարության համար էրիթրոգրամներում էրիթրոցիտները, ըստ կայունության, բաժանում են պայմանական խմբերի (աղ. 1):

Նշված երեք խմբերից բացի՝ ախտաբանական վիճակներում արյան հունում կարող են ի հայտ գալ գերցածրակայուն և գերբարձրակայուն էրիթրոցիտներ:

Ներկայումս հստակ պարզված է, որ հեմոլիզի հիմքում ընկած են բարդ սպիտակուցալիպիդային համալիրի քայքայումը, էրիթրոցիտների թաղանթի որոշ սպիտակուցների բնափոխումը, այլ ոչ թե էրիթրոցիտների թաղանթների մեխանիկական վնասումը:

Աղյուսակ 1

Էրիթրոցիտների խմբերն ըստ կայունության

Խումբ	Էրիթրոցիտները կայունությանը, ռոպե	Էրիթրոցիտների տարիքը, օր	Հեմոլիզի ենթարկված էրիթրոցիտների քանակը, %
Բարձրակայուն	5.0-7.0	28-30	25-0
Միջին կայունության	3.5-4.5	30-90	40-50
Ցածրակայուն	2.0-3.0	90-ից ավելի	0-25

Ժամանակի ընթացքում թաղանթային սպիտակուցների բնափոխման արդյունքում առաջանում են կառուցվածքային փոփոխություններ, որոնք ուղեկցվում են մոլեկուլների գործառական խմբերի ակտիվացմամբ (կապված խմբերի ազատումով), ինչը հանգեցնում է թաղանթի թափանցելիության կտրուկ մեծացմանը:

Թթվային հեմոլիզի գործընթացն ընդգրկում է երեք հաջորդական փուլեր՝

- ձևաբանական փոփոխություն՝ ձևափոխություն,
- էրիթրոցիտների ուռչեցում,
- հեմոլիզ:

Ձևաբանական փոփոխությունը տեղի է ունենում համակարգ անմիջապես թթվային ազդակի ներմուծումից հետո: Ենթադրվում է, որ այն տեղի է ունենում միջավայրի pH-ի կտրուկ նվազման հետևանքով: Այս փուլում էրիթրոցիտները կորցնում են բնականոն ձևը. երկգոգավոր սկավառակի ձև ունեցող բջիջներից վերածվում են պարզ սկավառակի ձև ունեցող բջիջների: Վերափոխումների հաջորդ՝ ուռչեցման փուլը կարճատև է, բացատրվում է բջիջ ջրի ակտիվ ներհոսքով: Են-

թաղրվում է, որ ուռչեցումը խթանվում է էրիթրոցիտի թաղանթով թափանցող ջրածնի իոնների միացումով էրիթրոցիտներում պարունակվող հեմոգլոբինի մոլեկուլներին մինչև վերջիններիս լրիվ հագեցումը և հեմոգլոբինի մոլեկուլների հետ կապված կատիոնների անջատումով: Կատիոնների անջատումը խախտում է բջջի օսմոտիկ հավասարակշռությունը, բարձրացնում օսմոտիկ ճնշումը և ուժեղացնում ցիտոպլազմայի իզոտոնիկությունը վերականգնող ջրի օսմոսը թաղանթով, ինչը, ի վերջո, հանգեցնում է բջջի ծավալի աճին: Դրան հաջորդում է հեմոլիզը:

Էրիթրոցիտների վիճակն ուսումնասիրելու նպատակով կիրառում են նաև էրիթրոցիտների օսմոտիկ կայունության որոշման եղանակը: Այն հիմնված է տարբեր օսմոտիկ ճնշում առաջացնող (տարբեր խտություն ունեցող) լուծույթներում էրիթրոցիտների կայունության որոշման վրա: Կայունության չափանիշ է լուծույթի այն նվազագույն խտությունը, որում արյան այդ ձևավոր տարրերը երկար ժամանակ չեն քայքայվում: Էրիթրոցիտների օսմոտիկ կայունության չափման եղանակն ունի մի շարք էական թերություններ: Այսպես, կայունության չափումը կատարվում է հեմոլիզի ավարտից հետո: Հաջորդաբար փոփոխվող խտություններով լուծույթներում էրիթրոցիտների հեմոլիզի ընթացքի վերաբերյալ տվյալները փոփոխվում են թռիչքաձև, և հնարավոր չէ հստակ պատկերացում կազմել էրիթրոցիտների դիմացկունության փոփոխման օրինաչափության մասին: Տվյալների թռիչքաձև փոփոխությունները հարթեցնելու համար կարելի է, իհարկե, խիստ փոքրացնել օգտագործվող լուծույթների հաջորդական խտությունների տարբերությունը: Սակայն դա կբերի աշխատանքի ծավալի կտրուկ մեծացմանը, ինչը նպատակահարմար չէ

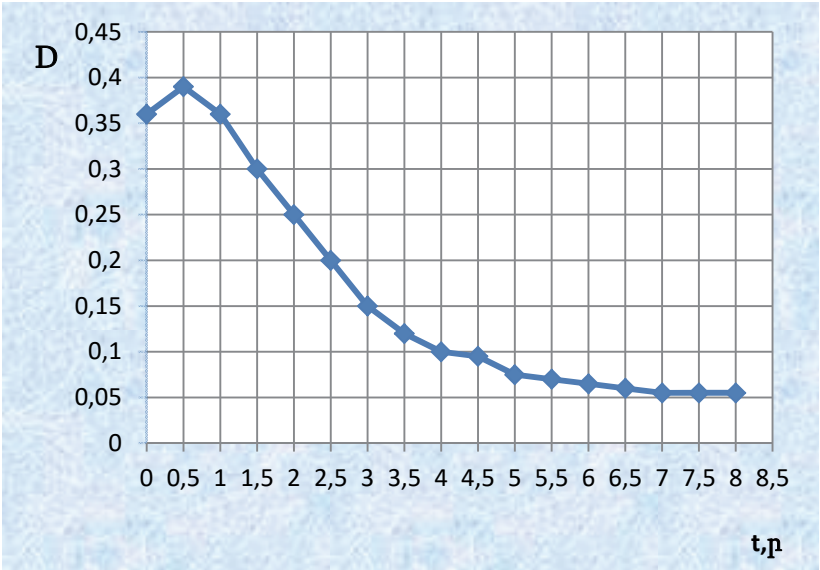
նման հետազոտության համար: Բացի այդ՝ կայունության գնահատականը տրվում է երկու կետով՝ առավելագույն և նվազագույն, որն արտացոլում է միայն էրիթրոցիտների պոպուլյացիայի կայունությունն ամբողջությամբ. հնարավորություն չի տալիս խմբավորել էրիթրոցիտներն ըստ դիմացկունության՝ ցածրակայուն, միջին կայունության, բարձրակայուն:

Թթվային էրիթրոգրամների եղանակը հիմնված է այլ սկզբունքի՝ հեմոլիզի գործընթացի մեջ էրիթրոցիտների հաջորդաբար ներգրավման վրա: Էրիթրոցիտների դիմացկունության չափանիշ է այն ժամանակահատվածը, որի ընթացքում էրիթրոցիտը դիմանում է վնասող գործոնի քայքայիչ ազդեցությանը:

Թթվային էրիթրոգրամների եղանակի էությունն այն է, որ հեմոլիզ առաջացնող նյութի ազդեցության պայմաններում ֆոտոէլեկտրակոլոմետրիկ եղանակով ուսումնասիրվում է էրիթրոցիտների քայքայման ընթացքը՝ ըստ էրիթրոցիտների կախույթի օպտիկական խտության նվազման:

Օպտիկական խտության յուրաքանչյուր արժեք համապատասխանում է հեմոլիզի գործընթացում էրիթրոցիտների ներգրավվածության աստիճանին տվյալ պահին, ուստի այս բնութագրիչի արժեքների նվազումը ժամանակի ընթացքում վկայում է հեմոլիտիկ նյութի ազդեցության տակ ամբողջական էրիթրոցիտների թվի նվազման մասին:

Հեմոլիզի արագությունը կախված է հեմոլիտիկ նյութի խտությունից, միջավայրի ջերմաստիճանից: Նշված բնութագրիչների կայունության պահպանման պայմաններում ստանում են հեմոլիզի կինեկիկայի կորեր **(նկ. 2):**



Նկ. 2. Էրիթրոցիտների քայքայման կինետիկան.
աբսցիսի առանցքի վրա հեմոլիզի տևողությունն է,
օրդինատի առանցքի վրա՝ օպտիկական խտության արժեքները:

Էրիթրոցիտների հեմոլիզ կարելի է առաջացնել ցանկացած նյութով, սակայն առավել նպատակահարմար է օգտագործել աղաթթուն, քանի որ արյան պլազմայում առկա են և H^+ և Cl^- իոններ ուստի, էրիթրոցիտների գոյության միջավայրի քիմիական կազմի փոփոխություն թույլ չի տրվում, և կարելի է համոզված լինել, որ դիտվող փոփոխությունները պայմանավորված են միջավայրի pH-ի փոփոխությունով: Էրիթրոցիտների քայքայման կինետիկայի կորերն արտացոլում են այդ գործընթացի հաջորդական փուլերը. առաջին 0,5-1,0ր ընթացքում նկատվում է օպտիկական խտության աճ, որը պայմանավորված է էրիթրոցիտների ձևի փոփոխությամբ. երկգոգավոր բջիջը վերածվում է գնդի: Այս երևույթը կոչվում է

էրիթրոցիտների գնդավորում (սֆերուլացում): Դրան հաջորդում է օպտիկական խտության նախ արագ, ապա աստիճանաբար դանդաղող նվազումը՝ իրական հեմոլիզը:

Ստացված տվյալների՝ օպտիկական խտության արժեքների շարքերի ոչ բարդ մաթեմատիկական մշակումից հետո կառուցվում են էրիթրոգրամներ:

ԷՐԻԹՐՈԳՐԱՄՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՈՒՄ

Էրիթրոցիտների բաշխումն ըստ դիմացկունության հարմար է արտահայտել ժամանակի ընթացքում հեմոլիզի ենթարկված էրիթրոցիտների տոկոսով: *Այդ կախվածությունն արտահայտող կորն անվանում են էրիթրոգրամ:*

Հեմոլիզի ենթարկված էրիթրոցիտների տոկոսը ժամանակի յուրաքանչյուր պահին որոշում են հետևյալ բանաձևով՝

$$Է = \frac{\Delta D_i}{D_0 - D_n} \cdot 100\% \qquad (1),$$

որտեղ Է -ն՝ հեմոլիզի ենթարկված էրիթրոցիտների քանակն է արտահայտված %-ով,

ΔD_i-ն՝ օպտիկական խտության երկու իրար հաջորդող արժեքների տարբերությունը՝

$$\Delta D_i = D_i - D_{i+1},$$

$D_0 - D_n$-ն՝ էրիթրոցիտների կախույթի սկզբնական և վերջնական օպտիկական խտությունների արժեքների տարբերությունը:

Է-ի հաշվարկված արժեքների հիման վրա կառուցում են էրիթրոգրամ, որը ցույց է տալիս էրիթրոցիտների բաշխումն ըստ դիմացկունության՝ ժամանակի ընթացքում (նկ. 1):

Ստացված էրիթրոգրամը նկարագրելու համար այն պայմանականորեն բաժանում են երեք տեղամասերի: Բնականոն պայմաններում դրանք համապատասխանում են էրիթրոցիտների երեք «տարիքային» խմբերի՝ «ցածրակայուն», «միջին կայունության» և «բարձրակայուն»: Այսինքն՝ ստացված էրիթրոգրամը դիֆերենցված է: Ցածրակայուն էրիթրոցիտները քայքայվում են մինչև 2,0-3,0 րոպեների ընթացքում, և դրանք կազմում են էրիթրոցիտների ընդհանուր թվի 24,1 %-ը, միջին կայունություն ունեցող էրիթրոցիտները՝ մինչև 3,5 - 4,5 րոպեների ընթացքում: Միջին կայունությամբ էրիթրոցիտները կազմում են էրիթրոցիտների ընդհանուր թվի 48,0 %-ը: Բարձրակայուն էրիթրացիտների հեմոլիզը տևում է 5,0-7,5 րոպե: Վերջիններս կազմում են էրիթրոցիտների ընդհանուր թվի մոտ 11,3 %-ը:

Տարբեր տեսակի կենդանիների արյան էրիթրոգրամի ձևը որոշակի է և խիստ հաստատուն:

Չափահաս մարդու արյան էրիթրոգրամը բնականոն վիճակում նույնպես կայուն է: Այն արտահայտում է արյան համակարգի դինամիկ հավասարակշռությունն արյունաստեղծ և արյունաքայքայման համակարգերի միջև:

Առողջ մարդու էրիթրոգրամի համար բնորոշ են հետևյալ մեծությունները.

1. Հեմոլիզի սկիզբը գտնվում է 1,2-2 րոպե ժամանակային տիրույթում: Դա ցույց է տալիս, որ բնականոն արյան համար կայունության շեմը ցածր է:
2. Հեմոլիզի ավարտի ժամանակը գտնվում է 6,5-7,5 րոպե սահմաններում: Տղամարկանց և կանանց համար արյան

հեմոլիզի միջին տևողությունը 7 րոպե է: Որոշ դեպքերում կանանց արյան մեջ հանդիպում են էրիթրոցիտներ, որոնց կայունությունը հասնում է մինչև 8 րոպե:

3. Էրիթրոգրամն ունի մեկ առավելագույն կետ:
4. Առավելագույն կետը համապատասխանում է 3,0-3,5 րոպե:
5. Առավելագույն կետի միջին բարձրությունը կազմում է 19,1-22,3 %: Բարձրության տատանումները կանանց մոտ ավելի մեծ են, քան տղամարդկանց:
6. Էրիթրոգրամն իր առավելագույն կետի համեմատ անհամաչափ է. էրիթրոգրամի աջ թևը ձգված է և վկայում է արյան մեջ երիտասարդ էրիթրոցիտների պոպուլյացիայի առկայության մասին: Աբսցիսների առանցքի վրա հեմոլիզի սկզբից (Ս) մինչև առավելագույն արժեքը (Ա) հեռավորությունը՝ Ա կետին հասնելու ժամանակահատվածը, հավասար չէ հեռավորությանը (տևողությանը) առավելագույնից մինչև հեմոլիզի ավարտը (Վ): Նշված անհամաչափությունը արտահայտվում է հետևյալ հարաբերությամբ՝

$$(Վ - Ա):(Ա - Ս) = 4,0 : 2,0 = 2,0,$$

որտեղ՝

$$(Վ - Ա) = 7,5 – 3,5 = 4,0 \text{ ր},$$

$$(Ա – Ս) = 3,5 – 1,5 = 2,0 \text{ ր}:$$

Նշված հարաբերությունը կարող է փոխվել կանանց մոտ 2,3-3,0 միջակայքում, իսկ տղամարդկանց մոտ՝ 2,0-2,7:

Ախտաբանական վիճակներում էրիթրոգրամների վրա նկատվում են փոփոխություններ, որոնք կարող են վկայել որոշակի խանգարումների մասին.

1. Աջ թևի բարձրացումը վկայում է արյան մեջ «երիտասարդ» էրիթրոցիտների քանակի աճի, հետևաբար նաև վերականգնողական գործընթացների ակտիվացման մասին:
2. Առավելագույն կետի շեղումը դեպի աջ նշանակում է էրիթրոցիտների կազմի կտրուկ երիտասարդացում: Այն կարող է տեղի ունենալ արյան մեծ քանակության կորուստի հետևանքով վերականգնողական գործընթացների՝ էրիթրոպոէզի խթանման արդյունքում:
3. Աջ թևի տարածումը 7,5-8,0 ռոպեների սահմանից աջ վկայում է արյան մեջ ոչ բնականոն՝ գերկայուն, չհասունացած էրիթրոցիտների առկայության մասին: Եթե այն ձգվում է մինչև 12-15 ռոպե, և այդ վիճակը պահպանվում է մինչև մեկ ամիս, կարելի է պնդել, որ արյունաստեղծ օրգաններում տեղի են ունենում լուրջ փոփոխություններ:
4. Էրիթրոգրամի վրա երկու գագաթների առկայությունը վկայում է արյան կազմում տարբեր հատկություններով օժտված էրիթրոցիտների երկու խմբերի հայտնվելու մասին:
5. Գագաթի շեղումը դեպի ձախ, առանց էրիթրոգրամի ընդհանուր երկարության կարճացման նշանակում է, որ էրիթրոպոէզը ճնշված չէ, սակայն դուրս գալով անոթային հուն՝ էրիթրոցիտները հանդիպել են որևէ թունավոր գործոնի:
6. Ձախ թևի բարձրացումը վկայում է «ծեր» էրիթրոցիտների քանակի աճի մասին, որը վարակիչ հիվանդությունների զարգացման պայմաններում էրիթրոպոէզի

ճնշման կամ էրիթրոցիտների կյանքի տևողության կրճատման հետևանք է:

Թմրամոլների արյան էրիթրոգրամներում դիտվում են շեղումներ՝ շեղում դեպի ձախ, գագաթի շեղում դեպի ձախ 2,5 բոպե: Այդ ընթացքում հեմոլիզի են ենթարկվում էրիթրոցիտների 31,5 %-ը: Ցածրակայուն էրիթրոցիտների գերակշռումը էրիթրոցիտների պոպուլյացիայում վկայում է վերջիններիս ծերացման արագացման մասին:

Նշված փոփոխությունները կապում են էրիթրոցիտների թաղանթի կառուցվածքային վերափոխումների հետ, որոնք հավանաբար բջջային նյութափոխանակության խանգարումների հետևանք են և պայմանավորված են նաև հեմոլիզի նկատմամբ էրիթրոցիտների դիմացկունությամբ:

Այսպիսով, էրիթրոգրամների կառուցումը հնարավորություն է տալիս հետևելու արյան որակական կազմի փոփոխություններին, արյունաստեղծ և արյունաքայքայման համակարգերի միջև դինամիկ հավասարակշռությանը և այլն:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Ֆիզիոլոգիական լուծույթ տաքարյուն կենդանիների համար ($NaCl$-ի 0,85 % լուծույթ), HCl-ի 0,004Ն լուծույթ՝ պատրաստված ֆիզիոլոգիական լուծույթի վրա, որևէ տաքարյուն կենդանի՝ ճագար, մուկ կամ առնետ, կաթոցիչներ, տանձիկ, ապակյա ձողիկ, փորձանոթներ, վայրկյանաչափ, մկրատ, Г4-141 գեներատոր, ֆոտոէլեկտրակոլորիմետր (КФК-2):

Էրիթրոցիտների կախույթ ստանալու համար կենդանու ականջի կամ պոչի վրա փոքր կտրվածք անել և մի քանի կա-

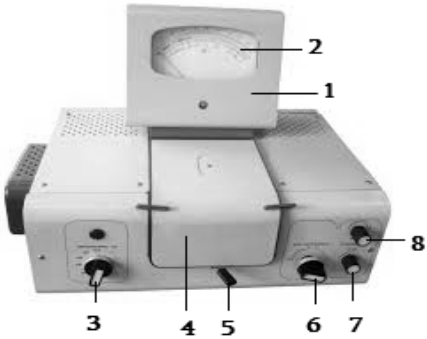
թիլ արյուն տեղափոխել ֆիզիոլոգիական լուծույթով բաժակի մեջ: Վերջինս խնամքով խառնել: Չափել ստացված կախույթի օպտիկական խտությունը:

Ստացված կախույթը պիտանի է հետազոտությունների համար 3-4 ժամվա ընթացքում սենյակային (18-25°C) ջերմաստիճանում:

Թաղանթների վրա ԾԲՀ ԷՄԱ-ի (ծայրահեղ բարձր հաճախականությամբ էլեկտրամագնիսական ալիքներ) ազդեցությունն ուսումնասիրելու համար էրիթրոցիտների կախույթը ճառագայթահարել 42,2 ԳՀց և 50,3 ԳՀց հաճախականությամբ ցածր ինտենսիվությամբ ԷՄ ալիքներով 20 ր ընթացքում: Որպես ԾԲՀ ԷՄ ալիքների աղբյուր օգտագործել 37,5 – 53,5 ԳՀց աշխատանքային հաճախականությունների միջակայքով Г4-141 գեներատոր: Ճառագայթահարումն իրականացնել գեներատորի ճառագայթման հեռավոր տիրույթում: Հզորության հոսքի խտությունը՝ 0,6 մՎտ/սմ^2:

Չափումներն անհրաժեշտ է կատարել հաստատուն ջերմաստիճանի պայմաններում:

Ընդունված է չափումներն իրականացնել 24°C ջերմաստիճանում: Էրիթրոցիտների քայքայման ընթացքում տեղի է ունենում կախույթի պղտորության աստիճանական նվազում մինչև վերջնական պարզեցում, հետևաբար նաև լույսի բացթողման աճ՝ օպտիկական խտության նվազում: Հեմոլիզի արդյունքում հետազոտվող կախույթը դառնում է թափանցիկ, ուստի լուսաբացթողնման փոփոխությունը կարող է ծառայել որպես էրիթրոցիտների հեմոլիզի չափանիշ: Չափումների ժամանակ կիրառում են կարմիր լուսազտիչ, որպեսզի հեմոգլոբինի կլանումը չխանգարի լուսացրմանը, և ֆոտոէլեկտրակոլորիմետր լուսազտիչի բռնակը պետք է դրվի 670 նմ դիրքում:



Նկ. 3 ԿՓԿ-2 տիպի կոլորիմետրի ընդհանուր տեսքը.
1 – գրանցող սարք, 2 – օպտիկական խտության չափման սանդղակ, 3 – լուսազտչի բռնակ, 4 – կյուվետային խցիկի դռնակ, 5 – կյուվետների դիրքի փոփոխության լծակ, 6 – զգայունության բռնակ, 7 – «Հաստատում 100»-ի կոպիտ կարգավորման բռնակ, 8 – «Հաստատում 100»-ի ճշգրիտ կարգավորման բռնակ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Կոլորիմետրը (նկ. 3) միացնել չափումներ սկսելուց 15 ր առաջ:
2. Կարմիր լուսազտիչը տեղադրել աշխատանքային դիրքում՝ լուսազտիչի բռնակը դնելով 670 նմ դիրքում:
3. Կոլորիմետրի զգայունությունը հաստատել նվազագույն դիրքում՝ «Զգայունություն» բռնակը դնելով «1» դիրքում, իսկ «Հաստատում 100» կոպիտ կարգավորման բռնակը՝ ձախ ծայրային դիրքում:
4. Բարձրացնել կյուվետային խցիկի դռնակը և խցիկում կարմիր լույսի փնջի դիմաց տեղադրել 4 մլ ստուգիչ՝ ֆիզիոլոգիական, լուծույթով կյուվետը:
5. Փակել կյուվետային խցիկը:

6. «Զգայունություն», «Հաստատում 100»-ի կոպիտ և ճշգրիտ կարգավորման բռնակներով կոլորիմետրի սլաքը դնել D-սանդղակի 0-ի վրա:
7. Նախապես ստացված էրիթրոցիտների կախույթից 4 մլ լցնել աշխատանքային կյուվետի մեջ, ապա այն տեղադրել կյուվետային խցիկում կարմիր լույսի փնջի ճանապարհին՝ փոխելով ստուգիչ լուծույթով կյուվետի դիրքը լծակի օգնությամբ:
8. Ստանալ 0,7-0,9 օպտիկական խտությամբ էրիթրոցիտների կախույթ: Ստացված կախույթը տեղափոխել ապակյա բաժակի մեջ:
9. Էրիթրոցիտների կախույթից 2 մլ լցնել աշխատանքային կյուվետի մեջ և վերջինս տեղադրել կյուվետային խցիկի մեջ՝ ստուգիչ կյուվետի կողքին: Խցիկում էրիթրոցիտների կարույթին ավելացնել 2 մլ աղաթթվի 0,004Ն լուծույթ, արագ խառնել ապակյա ձողիկով և միաժամանակ միացնելով վայրկյանաչափը՝ չափել օպտիկական խտության առաջին արժեքը, որը պետք է հավասար լինի 0,35-0,45-ի: Հետագայում՝ աղաթթու ավելացնելուց հետո, օպտիկական խտությունը կարող է որոշ չափով աճել էրիթրոցիտների գնդավորման հետևանքով: Բուն հեմոլիզի ընթացքում (գնդավորումից հետո) օպտիկական խտության արժեքն աստիճանաբար նվազում է, սակայն չի հավասարվում 0-ի, քանի որ աղաթթվի ազդեցության հետևանքով հեմոգլոբինից առաջանում է հեմատին, որը և պայմանավորում է լույսի կլանումը խառնուրդի կողմից:
10. Յուրաքանչյուր 30 վայրկյանը մեկ, սկսած աղաթթվի ավելացման պահից, գրանցել օպտիկական խտության արժեքը՝ ըստ կոլորիմետրի սանդղակի: Ստացվում է օպտիկական

խտության արժեքների նվազող շարք, որի յուրաքանչյուր թիվը համապատասխանում է հեմոլիզի աստիճանին չափման պահին:

Օպտիկական խտության նվազումը շարունակվում է այնքան ժամանակ, մինչև չքայքայվեն բոլոր էրիթրոցիտները:

Հեմոլիզն ավարտված է, եթե երկու իրար հաջորդող չափման տվյալները կրկնվում են:

Ստացված արդյունքներով կազմել աղյուսակ՝ ըստ տրված ձևի (աղ. 2) և կառուցել հեմոլիզի կինետիկայի կորը **(նկ. 2):**

Աղյուսակ 2

Հեմոլիզի տևողություն	Օպտիկական խտություն (D)	Օպտիկական խտության տարբերություն (ΔD)	Էրիթրոցիտների տոկոս, %
30 վրկ			
1,0 ր			
1,5ր			
2,0ր			
2,5ր			
…			
10ր			

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԲՆԱԿԱՆՈՆ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՀԵՄՈԼԻԶԸ

Ստացված աշխատանքային կախույթի էրիթրոցիտները ենթարկել հեմոլիզի և հետևել ժամանակի ընթացքում օպտիկական խտության փոփոխությանը: Գործողությունները կատարել ըստ վերը նշված հաջորդականության:

Ստացված տվյալների հիման վրա կազմել աղյուսակը, կառուցել բնականոն էրիթրոցիտների հեմոլիզի ընթացքն արտացոլող կորը և էրիթրոգրամը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԾԲՀ ԷՄ ԱԼԻՔՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԴԻՄԱՑԿՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Բնականոն էրիթրոցիտների կախույթը բաժանել չորս մասի, մեկը ճառագայթահարել 20 րոպե 42,2ԳՀց հաճախականությամբ ցածր ինտենսիվությամբ ԷՄ ալիքներով:
2. Երկրորդը՝ ստուգիչը, պահել 20 րոպե սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում (20-22 °C):
3. Երրորդ և չորրորդ բաժինները պահել սառնարանում:
4. Ճառագայթահարված և ստուգիչ կախույթների էրիթրոցիտները ենթարկել հեմոլիզի և հետևել ժամանակի ընթացքում օպտիկական խտության փոփոխությանը: Գործողությունները կատարել ըստ վերը նշված հաջորդականության:
5. Սառնարանից հանել էրիթրոցիտների կախույթի երրորդ և չորրորդ բաժինները: Երրորդ բաժինը ճառագայթահարել 20 րոպե 50,3 ԳՀց հաճախականությամբ ցածր ինտենսիվությամբ ԷՄ ալիքներով:
6. Չորրորդը՝ ստուգիչը, պահել 20 րոպե սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում (20-22°C):
7. Ճառագայթահարված և ստուգիչ կախույթների էրիթրոցիտները ենթարկել հեմոլիզի և հետևել ժամանակի ընթացքում օպտիկական խտության փոփոխությանը: Գործողությունները կատարել ըստ վերը նշված հաջորդականության:

8. Ստացված տվյալների հիման վրա կազմել աղյուսակը, կառուցել բնականոն՝ ստուգիչ, նաև ճառագայթահարված էրիթրոցիտների հեմոլիզի ընթացքն արտացոլող կորերն ու էրիթրոգրամները:
9. Գրել եզրակացություն:

7. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Սպեկտրաֆոտոմետրիկ վերլուծությունը հետազոտման առավել տարածված եղանակներից մեկն է: Հետազոտման սպեկտրալ եղանակների կիրառումը կենսաբանական հետազոտություններում թույլ են տալիս դատել նյութերի որակական կազմի և քանակական պարունակության, կենսաբանական կառույցներում դրանց վիճակի, մոլեկուլների կառուցվածքի մասին, ուսումնասիրել կենսաբանական համակարգերում տեղի ունեցող տարբեր կենսաֆիզիկական, այդ թվում՝ ֆոտոկենսաբանական գործընթացներ:

Սպեկտրաֆոտոմետրիայի սկզբունքն հիմնված է նյութի լույս կլանելու հատկության վրա: Լույսը՝ որպես էլեկտրամագնիսական ճառագայթում, բնութագրվում է երեք հիմնական չափորոշիչներով՝ ալիքի երկարությամբ (λ), հաճախականությամբ (ν) և տարածման արագությամբ (c)՝ $c = \nu\lambda$, $\nu = \frac{c}{\lambda}$:

Լույսի կլանումը նյութի կողմից ներմոլեկուլային ֆիզիկական գործընթաց է և տեղի է ունենում առանձին բաժիններով՝

քվանտներով, որոնց էներգիան հավասար է՝ $E = h\nu$*, քանի որ* $\nu = \frac{c}{\lambda}$*, ապա* $E = \frac{hc}{\lambda}$*, որտեղ* h*-ը Պլանկի հաստատունն է:*

Լույսը կլանում են մոլեկուլները, դրանց համալիրները, ատոմներ, ռադիկալները, իոնները, այլ ոչ բարդ կենսաբանական կառույցները, ինչպիսիք են բջջի միտոքոնդրիումները, կորիզները, աչքի ցանցաթաղանթը: Բացառություն են կազմում միայն կիսահաղորդիչները, որոնցում լույսի կլանմանը մասնակցում են բազմաթիվ կենտրոնների (ատոմների, իոնների կամ մոլեկուլների) փոխազդեցության արդյունքում ստեղծվող ընդհանրացված էներգիական մակարդակները: Լույսի հետ նյութի փոխազդեցության մեջ, որը կապված է կլանման հետ, դրսևորվում են վերջինիս ինչպես քվանտային (մասնիկային, կորպուսկուլյար), այնպես էլ ալիքային հատկությունները:

Քվանտային բնույթը դրսևորվում է նրանում, որ լույսի քվանտում պարփակված ամբողջ էներգիան կլանվում է մոլեկուլի կողմից միանգամից (կլանման համար պահանջվում է 10^{-14} վրկ կամ ավելի քիչ ժամանակ) և առանց մնացորդի, հետևաբար նյութի կողմից լույսի կլանումը դիսկրետ, այլ ոչ անընդհատ գործընթաց է: Ալիքային բնույթը դրսևորվում է նրանում, որ լույսի կլանումը տեղի է ունենում լուսային ալիքի էլեկտրական վեկտորի հետ մոլեկուլի էլեկտրոնային ամպի փոխազդեցության արդյունքում: Մագնիսական վեկտորի փոխազդեցությունը շատ փոքր է, և դա կարելի է անտեսել:

Նյութի մոլեկուլով (M) լույսի կլանման ֆիզիկական ռեակցիան կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$M + h\nu \rightarrow M^*,$$

որտեղ M^*-ը մոլեկուլի գրգռված վիճակն է:

Գրգռված M^* մոլեկուլը չի տարբերվում սովորական M մոլեկուլից քիմիական կազմով կամ կառուցվածքով, սակայն ունի որոշ չափով դեֆորմացված էլեկտրոնային ամպ և պարունակում է էներգիայի ավելցուկային պաշարներ: Տարբերությունը M և M^* մոլեկուլների էներգիայի պաշարների միջև՝ ΔE, պետք է հավասար լինի կլանված քվանտի էներգիային՝

$$E_{M^*} - E_M = \Delta E = h\nu:$$

Այստեղից հետևում է, որ մոլեկուլը կարող է կլանել միայն այն քվանտները, որոնց էներգիաներին համապատասխանում են մոլեկուլների նույնական էներգիական տարողությունները ($\Delta E = h\nu$):

M (M^*) մոլեկուլի ներքին էներգիան որոշվում է դրա էլեկտրոններում ($E_{\text{էլ.}}$) և մոլեկուլի կմախքի միջուկների տատանումներում ($E_{\text{տատ.}}$) պարփակված էներգիայով:

$$E = E_{\text{էլ.}} + E_{\text{տատ.}}:$$

Մոլեկուլների էներգիայի աճը $M \rightarrow M^*$-անցման ժամանակ կապված է առաջին հերթին $E_{\text{էլ.}}$-ի աճի և շատ ավելի քիչ չափով՝ $E_{\text{տատ.}}$-ի հետ: Քանի որ մոլեկուլների $E_{\text{էլ.}}$, $E_{\text{տատ.}}$, հետևաբար նաև ΔE էներգիաները քվանտավորված են և կարող են ընդունել խիստ որոշակի դիսկրետ արժեքներ, $h\nu$-ի

հետ ΔE-ի համընկման պայմանը կկատարվի միայն լույսի ալիքների որոշակի երկարությունների համար: Այս հանգամանքը նյութի կլանման սպեկտրի ծագման հիմնական պատճառներից մեկն է:

$M + h\nu \to M^*$ անցմանը համապատասխանում է մոլեկուլի միայն մեկ էլեկտրոնի՝ ֆոտոէլեկտրոնի տեղափոխմանն ավելի բարձր էներգիական մակարդակ (ուղեծիր): Լույսի կլանումը (միաէլեկտրոնային) միաքվանտային ֆիզիկական գործընթաց է:

Առավել հաճախ բարդ օրգանական մոլեկուլների ֆոտոէլեկտրոնը π-էլեկտրոնն է, այսինքն՝ կրկնակի հաճախ ապատեղակայված զուգորդված կապերի ձևավորմանը մասնակցող էլեկտրոններից մեկը՝ $\pi \to \pi^*$-անցում, կամ $\pi \to \pi^*$-կլանում: Երբ որպես ֆոտոէլեկտրոն հանդես է գալիս մոլեկուլի հարևան ատոմների միջև տեղակայված եզակի կովալենտ σ-կապի էլեկտրոնը, ապա խոսքը $\sigma \to \sigma^*$-անցման (կլանման) մասին է:

Քվանտային մեխանիկայից հայտնի է, որ որքան մեծ է էլեկտրոնի վազանցը, այնքան «երկար» է դրա ուղեծիրը, այնքան ավելի խիտ են դասավորված էներգիական մակարդակները: Պարզ է նաև, որ զուգակցված π-էլեկտրոնների մոլեկուլային ուղեծիրը, որը գոտևորում է, ընդգրկում ամբողջ մոլեկուլը, շատ ավելի «երկար» է σ-ուղեծրերից, որոնք գոտևորում են միայն երկու հարևան ատոմները: Այդ է պատճառը, որ $\pi \to \pi^*$-անցումները սովորաբար որոշում են մոլեկուլների կլանումը սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն և տեսանելի տիրույթներում, իսկ $\sigma \to \sigma^*$-անցումները՝ բավական կարճ ուլտ-

բամանուշակագույն տիրույթում: Նույն պատճառով է պայմանավորված ընդարձակ π -էլեկտրոնային համակարգ ունեցող հեմոգլոբինի կլանումը սպեկտրի կանաչ տիրույթում և π-էլեկտրոնների համեմատաբար փոքր տարածական ապակայունացում ունեցող տրիպտոֆանի կլանումը սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն տիրույթում 280նմ դեպքում:

Նյութի օպտիկական հատկություններն արտացոլում են մոլեկուլների լույսի էներգիան կլանելու և վերափոխելու ունակությունը, այսինքն՝ այն հատկությունները, որոնք առավել էական են ֆոտոկենսաբանական գործընթացներում մասնակցության համար: Միաժամանակ սպեկտրալ եղանակները թույլ են տալիս ուսումնասիրել բարդ կենսաբանական համակարգերում՝ բջիջներում, հյուսվածքներում, իրականացվող գործընթացներն առանց բնականոն վիճակի խաթարման: Այս եղանակների հիմքում ընկած են հետազոտվող համակարգով անցնող լույսի ճառագայթների հետ տեղի ունեցող փոփոխությունները: Այսպես, լուծույթով լույսի ճառագայթի անցման ժամանակ տեղի է ունենում կլանում, որի արդյունքում նվազում է լուծույթով անցնող լույսի ինտենսիվությունը: Ընկնող լույսի ինտենսիվության և լուծույթով անցած լույսի ինտենսիվության միջև քանակական հարաբերությունը նկարագրվում է **Բուգեր-Լամբերտի- Բերի օրենքով (կամ պարզապես Բուրգերի օրենքով)՝**

$$I = I_0 e^{-\varepsilon c \cdot l} \qquad (1),$$

որտեղ I_o - ն նյութի վրա ընկնող լույսի ինտենսիվությունն է,

I -ն՝ նյութով անցած լույսի ինտենսիվությունը,

c -ն՝ լուծույթում նյութի մոլային խտությունը,

ε -ը՝ էքստինկցիայի մոլային գործակիցը,

l-ը՝ լույսի օպտիկական ուղու երկարությունը (նյութի շերտի հաստությունը):

Նյութի կլանող ունակությունը բնութագրվում է երկու չափանիշներով՝ բացթողմամբ (T) և օպտիկական խտությամբ (D):

$\frac{I}{I_0}$ հարաբերությունը բնութագրում է նյութի լույսը բացթողնելու ընդունակությունը՝

$$T = \frac{I}{I_0} \qquad (2):$$

Այս մեծությունը սովորաբար արտահայտում են տոկոսներով:

Ինտենսիվությունների $\frac{I_0}{I}$ հարաբերության տասնորդական լոգարիթմն անվանում են օպտիկական խտություն՝

$$D = lg\frac{I_0}{I} = \varepsilon cl \qquad (3):$$

Էքստինկցիայի մոլային գործակիցը՝ մեկ մոլի կլանման արժեքը, նյութի կարևորագույն օպտիկական բնութագրիչն է: Այն կախված է լույսի ալիքի երկարությունից: Կլանումը սովորաբար արտահայտում են օպտիկական խտության արժեքներով: Սակայն որոշ դեպքերում, օրինակ, լուսազտիչներով աշխատելիս կիրառում են երկրորդ չափորոշիչը՝ բացթողումը: Բացթողման և օպտիկական խտության հարաբերությունը արտահայտվում է հետևյալ բանաձևերով՝

$$D = lg\frac{1}{T} \qquad (4):$$

Օպտիկական խտությունը կարող է ընդունել դրական արժեքներ՝ 0-ից մինչև ∞, սակայն ժամանակակից սարքերը թույլ են տալիս չափել D-ն 0-2-ի սահմաններում: Օպտիկական խտության ոչ մեծ արժեքների դեպքում այն, որպես կանոն, համեմատական է նյութի կոնցենտրացիային՝

$$D = \varepsilon \cdot c \cdot l \qquad (5):$$

Օգտվելով ստանդարտ և հետազոտվող նմուշների օպտիկական խտությունների համեմատության մեթոդից՝ կարելի է որոշել հետազոտվող նմուշի կոնցենտրացիան:

Դրա համար նախօրոք չափում են ստանդարտ լուծույթի օպտիկական խտությունը (D_0): Հայտնի է, որ ըստ Բուգերի ստանդարտ լուծույթի՝ օպտիկական խտությունը կլինի՝

$$D_0 = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot c_0 \qquad (6)$$

իսկ հետազոտվող նմուշինը՝

$$D_x = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot c_x \qquad (7)$$

Հաշվի առնելով, որ նույն ալիքի տակ տվյալ նյութի ε-ները նույնն են, ինչպես նաև հետազոտման պայմանները, հետևաբար՝

$$\frac{D_0}{c_0 \cdot l} = \frac{D_x}{c_x \cdot l} \qquad (8)$$

որտեղից՝

$$c_0 D_x = c_x D_0 \qquad (9)$$

Արդյունքում կստանանք՝

$$c_x = \frac{c_0 D_x}{D_0} \qquad (10)$$

որտեղ D_x -ն անհայտ կոնցենտրացիայով նյութի օպտիկական խտությունն է,

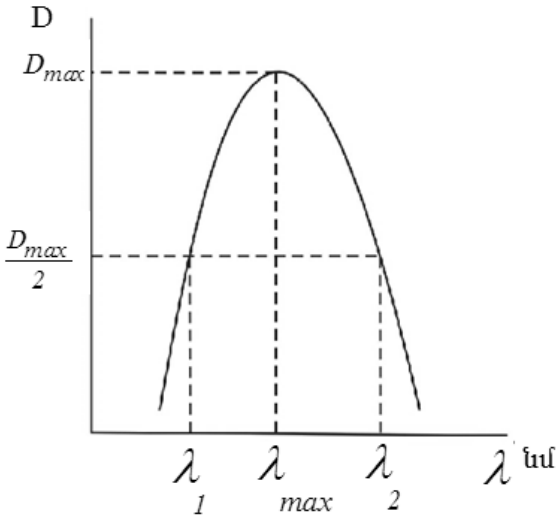
D_0 -ն՝ ստանդարտ նմուշի օպտիկական խտությունը,

c_0 -ն՝ ստանդարտ նմուշի կոնցենտրացիան։

c_x -ն՝ հետազոտվող նմուշի կոնցենտրացիան։

Լուծույթի օպտիկական խտությունը կախված է ընկնող լույսի ալիքի երկարությունից և կախված չէ վերջինիս ինտենսիվությունից: ***Լույսի ալիքի երկարությունից օպտիկական խտության կախվածության կորը կոչվում է կլանման սպեկտր:*** *Կլանման շերտը սպեկտրի այն մարզն է, որտեղ գրանցվում են կլանումներ՝ մեկ կամ մի քանի մաքսիմումներով:* Կլանման սպեկտրի բնույթը չի փոխվում լուծույթի խտության և կլանող շերտի հաստության փոփոխման դեպքում: Կլանման սպեկտրը բնութագրվում է դրանում առկա որոշակի շերտերով՝ գագաթներով։ Յուրաքանչյուր շերտ բնութագրվում է՝

- մաքսիմումի դիրքով, որն արտահայտվում է համապատասխան ալիքի երկարությամբ (λ_{max}),
- գագաթի բարձրությամբ (D_{max}),
- շերտի կիսալայնությամբ $\frac{D_{max}}{2}$ (նկ. 1)։



Նկ. 1. Նյութի կլանման սպեկտրը և դրա հիմնական չափորոշիչները

Լուծույթի խտության կամ օպտիկական ուղու երկարության մեծացման դեպքում նույնքան անգամ աճում է հետազոտվող նմուշի օպտիկական խտությունը (ալիքի երկարության բոլոր արժեքների դեպքում): Կլանման սպեկտրը նյութի անհատական բնութագրիչն է, այսինքն՝ որոշակի նյութին համապատասխանում է որոշակի կլանման սպեկտր: Դրա վրա է հիմնված սպեկտրաֆոտոմետրիայի որակական վերլուծությունը: Կլանման սպեկտրը (կորի ձևը) փոխվում է կլանող մոլեկուլների կառուցվածքային վերափոխումների դեպքում: Օրինակ՝ սպիտակուցի մոլեկուլի կառուցվածքի փոփոխումը (միջավայրի pH-ի, իոնային կազմի, ջերմաստիճանի փոփոխման հետևանքով) հանգեցնում է վերջինիս կլանման սպեկտրի ձևի փոփոխմանը: Դա թույլ է տալիս օգտագործել կլանման

սպեկտրը մակրոմոլեկուլների կառուցվածքային փոփոխությունների բացահայտման նպատակով:

Օպտիկական խտության որոշումը թույլ է տալիս դատել համակարգում իրականացող գործընթացների արագության և ֆերմենտների ակտիվության մասին: Օրինակ՝ ռեակցիան կատալիզող ֆերմենտի ակտիվությունը կարելի է հաշվարկել ըստ ռեակցիոն խառնուրդի օպտիկական խտության փոփոխության: Ֆոտոքիմիական ռեակցիաները, որպես կանոն, կապված են նյութի կլանման սպեկտրի փոփոխման հետ, ուստի այդ գործընթացների ուսումնասիրության ժամանակ չափում են ռեակցիոն խառնուրդի կլանումը: Դա թույլ է տալիս դատել ռեակցիայի արագության մասին, քանի որ օպտիկական խտության փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում համեմատական է նյութի խտության փոփոխությանը ռեակցիոն խառնուրդում:

Կլանման սպեկտրի ուսումնասիրությունը տեղեկություն է տալիս նաև վերջնանյութերի բնույթի մասին: Հետազոտման սպեկտրալ եղանակները հնարավորություն են ընձեռում բացահայտելու այս կամ այն գործընթացի հետևանքով տեղի ունեցած նյութի կառուցվածքային փոփոխությունները: Օրինակ՝ հեմոգլոբինը կարող է փոխազդել տարբեր միացությունների հետ և գոյություն ունենալ տարբեր վիճակներում՝ օքսիհեմոգլոբին, դեզօքսիհեմոգլոբին, կարբհեմոգլոբին, կարբօքսիհեմոգլոբին, մեթհեմոգլոբին: Հեմոգլոբինի յուրաքանչյուր ձև բնութագրվում է որոշակի կլանման սպեկտրով: Դա պայմանավորված է նրանով, որ հեմոգլոբինի նշված ձևերն ունեն կառուցվածքային տարբերություններ: Այսպես, երբ հեմը միացնում է թթվածինը, ինչը հնարավոր է միայն բնականոն գլոբինի հետ կապված վիճակում, հեմոգլոբինի β-շղթաները մոտենում

են միմյանց, իսկ անջատման ժամանակ՝ հեռանում (α-շղթաների դիրքն այդ ընթացքում չի փոխվում): Հետևաբար թթվածնի միացումը և անջատումն ուղեկցվում են հեմոգլոբինի մոլեկուլի կառուցվածքային փոփոխություններով: Ուստի ստանալով հեմոգլոբինի լուծույթի կլանման սպեկտրը՝ կարելի է դատել վերջինիս ֆունկցիոնալ (գործառական) ակտիվության մասին:

Հետազոտման սպեկտրալ եղանակները թույլ են տալիս ուսումնասիրել ոչ միայն առանձին ֆոտոքիմիական կամ կենսաքիմիական ռեակցիաներ, այլ նաև ուսումնասիրել ամբողջական կենսաբանական համակարգերում իրականացող ֆիզիոլոգիական, կենսաֆիզիկական և կենսաքիմիական գործընթացներն ու պարզել դրանց կախվածությունն արտաքին միջավայրի այս կամ այն գործոնից ու դրա ինտենսիվությունից: Մասնավորապես կարելի է ուսումնասիրել էրիթրոցիտների հեմոլիզի ընթացքի կամ արագության կախվածությունը լուսավորումից՝ ֆոտոդինամիկ հեմոլիզը:

Հայտնի է, որ տեսանելի լույսը կենդանի բջիջներում, հյուսվածքներում և ամբողջական օրգանիզմներում իրականացվող գործընթացների վրա զգալի ազդեցություն չի գործում: Սակայն բնականոն պայմանների խանգարումը կարող է հանգեցնել լույսի ազդեցության բնույթի զգալի փոփոխությունների: Օրինակ՝ որոշ գունանյութերի (էրիթրոզինի, էոզինի, մեթիլեն կապույտի, բնական գունանյութերից՝ պորֆիրինի) ներմուծումը որևէ կենսաբանական համակարգ բերում է լույսի ազդեցության բնույթի կտրուկ փոփոխությանը: Գունանյութի կողմից լույսի էներգիայի կլանումը հանգեցնում է բջիջների վնասմանը: Այդ երևույթն անվանում են ֆոտոդինամիկ ազդեցություն, որի հիմքում ընկած է սպիտակուցների ֆոտոօքսի-

դացման ռեակցիան գունանյութի կողմից կլանած լուսային էներգիայի հաշվին:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: 0,01 Մ DDT պարունակող 0,15Մ տրիս- HCl բուֆեր, pH 8,0, 0,06 Մ նատրիում-ֆոսֆատային բուֆեր, pH 7,6, պիրոգալոլի 0.003Մ լուծույթ, H_2O_2 -ի 0.15% լուծույթ, $CuSO_4$ -ի 0,5 % լուծույթ, ֆիզիոլոգիական լուծույթ տաքարյուն կենդանիների համար ($NaCl$ -ի 0,85 % լուծույթ), կիտրոնաթթվի նատրիումական աղի 3,7 % լուծույթ, տանձիկ, էրիթրոզին, ապակյա ձողիկ, մկրատ, փորձանոթներ, կաթոցիչներ, հախճապակյա հավանգ, ֆոտոէլեկտրակոլորիմետր (КФК-2), 500 Վտ հզորությամբ շիկացման լամպ, Г4-141 գեներատոր, ցենտրիֆուգ, մագնիսական խառնիչ, սենյակային բույսի տերևներ, տաքարյուն կենդանի:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ՊԵՐՕՔՍԻԴԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲՈՒՍԱԿԱՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՈՒՄ:

Որոշել ֆերմենտի ակտիվությունը բուսական զանգվածից ստացված լուծամզվածքում:

Բուսական լուծամզվածքի ստացումը

1. Բուսական զանգվածը մկրատով մանրացնել և տրորել սառեցված հախճապակյա հավանգի մեջ՝ 0,01 Մ DDT պարունակող 0,15 Մ տրիս- HCl բուֆերում՝ 100 մգ բուսական զանգվածին 0,2մլ բուֆեր հաշվարկով:

2. Ստացված զանգվածը տեղափոխել ապակյա բաժակի մեջ և դնել սառնարանում տեղադրված մագնիսական խառնիչի վրա:
3. Թողնել խառնիչի վրա՝ լուծազատման համար 30 ր:
4. Ցենտրիֆուգել ստացված զանգվածը 15 ր 18000 g արագացմամբ:
5. Զգուշությամբ առանձնացնել վերնստվածքային հեղուկը՝ լուծամզվածքը, և օգտագործել հետագա հետազոտություններում:

Բոլոր գործողությունները կատարել սառը պայմաններում:

Պերօքսիդազի ակտիվության որոշումը.

Լուծամզվածքում պերօքսիդազի ակտիվությունը (ըստ օպտիկական խտության փոփոխության): Օպտիկական խտությունը որոշել 440 նմ ալիքի երկարության տակ սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում:

1. Պատրաստել ռեակցիոն խառնուրդ:
2. Գրանցել օպտիկական խտության փոփոխությունը 2 ր ընթացքում:

Ռեակցիան սկսվում է ռեակցիոն խառնուրդի մեջ H_2O_2-ի ներմուծման պահից: Պերօքսիդազը կատալիզում է պիրոգալոլի օքսիդացումը H_2O_2-ով:

Ռեակցիոն խառնուրդը պարունակում է.

H_2O 1.1 մլ

0,06Մ նատրիում-ֆոսֆատային բուֆեր 0.8 մլ

0,003Մ պիրոգալոլ 0.5 մլ

լուծամզվածք 0.2 մլ

0,15 % H_2O_2 0.5 մլ

Ստուգիչ լուծույթում լուծամզվածքի փոխարեն ավելացնել 0.2 մլ թորած ջուր:

H_2O_2-ի լուծույթը պատրաստել անմիջապես փորձից առաջ:

Պերօքսիդազի ակտիվությունը հաշվարկել է հետևյալ բանաձևով՝

$$A = \frac{\Delta D \cdot f}{c \cdot t} \qquad (7),$$

որտեղ A-ն ֆերմենտի ընդհանուր ակտիվությունն է,

ΔD-ն՝ օպտիկական խտության փոփոխությունը,

c-ն՝ սպիտակուցի խտությունը,

f-ը՝ նոսրացման գործակիցը,

t-ն՝ օպտիկական խտության չափման տևողությունը:

Սպիտակուցի խտությունը որոշել Լոուրիի եղանակով:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԼՈՒՅՍԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՀԵՄՈԼԻԶԻ ՎՐԱ ԳՈՒՆԱՆՑՈՒԹԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ:

Տեսանելի լույսով էրիթրոցիտների կախույթի ճառագայթահարման համար օգտագործել 500 Վտ հզորություն ունեցող շիկացման լամպ: Էրիթրոցիտների ջերմային հեմոլիզը բացա-

ռելու համար վերջիններիս կախույթով լցված փորձանոթի և լույսի աղբյուրի միջև տեղադրել $CuSO_4$-ի 0,5 % լուծույթով սրվակ: Էրիթրոցիտների հեմոլիզի վրա լույսի և գունանյութի ազդեցությունն ուսումնասիրելու համար կատարել ներքոհիշյալ գործողությունները:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Ապակյա բաժակի մեջ լցնել 10մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ:
2. Կենդանու ականջի կամ պոչի վրա մկրատով փոքր կտրվածք անել և մի քանի կաթիլ արյուն ավելացնել բաժակի ֆիզիոլոգիական լուծույթի մեջ:
3. Ֆոտոէլեկտրակոլորիմետրի օգնությամբ ստանալ 0,7-0,9 օպտիկական խտությամբ էրիթրոցիտների կախույթ (տե՛ս աշխ. 6):
4. Ֆիզիոլոգիական լուծույթի վրա պատրաստել էրիթրոզինի 0,04 % լուծույթ:
5. Վերցնել չորս փորձանոթ, համարակալել:
6. Առաջին և երկրորդ փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ և ավելացնել 1 մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
7. Երրորդ և չորրորդ փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ էրիթրոզինի լուծույթ և յուրաքանչյուրին ավելացնել 1 մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
8. Փորձանոթների պարունակությունը խնամքով խառնել:
9. Երկրորդ և չորրորդ փորձանոթները տեղադրել պահարանում՝ մթության մեջ, սենյակային ջերմաստիճանում:

10. Առաջին և երրորդ փորձանոթները ճառագայթահարել տեսանելի լույսով 15 ր ընթացքում, ապա չափել խառնուրդների օպտիկական խտությունը կամ բացթողումը: Չափումից հետո խառնուրդները տեղափոխել փորձանոթների մեջ և կրկին ճառագայթահարել:
11. Բոլոր փորձանոթները հետագա գործողությունների ընթացքում պահել նույն պայմաններում:
12. Օպտիկական սարքի օգնությամբ 3 ժամվա ընթացքում՝ յուրաքանչյուր 10 ր մեկ, չափել հետազոտվող խառնուրդների օպտիկական խտությունը կամ բացթողումը 670 նմ ալիքի երկարության տակ: Ստացված տվյալները գրանցել աղյուսակում **(տե՛ս աղ. 1):**

Աղյուսակ 1

№	I, լույս պայմ.	II, մութ պայմ.	III, լույս պայմ.	IV, մութ պայմ.
t, ռոպե	T կամ D	T կամ D	T կամ D	T կամ D
10				
20				
30				
40				
50				
…..				

1-ին, 2-րդ՝ - 0.9 % *NaCl* **լուծույթ + էրիթրոցիտների կախույթ: 3-րդ, 4-րդ՝- էրիթրոզին+ էրիթրոցիտների կախույթ**

Համեմատել հետազոտված չորս տարբերակների համար ստացված տվյալները: Գրել եզրակացություն:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԾԲՀ ԷՄ ԱԼԻՔՆԵՐԻ: ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՀԵՄՈԼԻԶԻ ՎՐԱ ԳՈՒՆԱՆՑՈՒԹԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Որպես ծայրահեղ բարձր հաճախականությամբ էլեկտրամագնիսական (ԾԲՀ ԷՄ) ալիքների աղբյուր օգտագործել Г4-141 գեներատորը, որի աշխատանքային տիրույթը 37,5-53,57 ԳՀց միջակայքում է: **Հետազոտությունն իրականացնելիս կատարել հետևյալ հաջորդական գործողությունները.**

1. Ստանալ 0,7-0,9 օպտիկական խտությամբ էրիթրոցիտների կախույթ (տե՛ս աշխ. 6):
2. Ֆիզիոլոգիական լուծույթի վրա պատրաստել էրիթրոզինի 0,04% լուծույթ:
3. Վերցնել չորս փորձանոթ, համարակալել:
4. Առաջին և երկրորդ փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ և ավելացնել 1 մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
5. Երրորդ և չորրորդ փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ էրիթրոզինի լուծույթ և յուրաքանչյուրին ավելացնել 1 մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
6. Փորձանոթների պարունակությունը խնամքով խառնել և չափել դրանց օպտիկական խտությունը:
7. Երկրորդ և չորրորդ փորձանոթները տեղադրել պահարանում՝ մթության մեջ, սենյակային ջերմաստիճանում:
8. Առաջին և երրորդ փորձանոթները ճառագայթահարել 42,2 ԳՀց հաճախականությամբ ԷՄ ալիքներով 10 ր ընթացքում, ապա՝ տեղափոխել մութ պայմաններ՝ պահարան:
9. Բոլոր փորձանոթները հետագա գործողությունների ընթացքում պահել պահարանում:

10. Օպտիկական սարքի օգնությամբ 3 ժամվա ընթացքում՝ յուրաքանչյուր 10 ր մեկ, չափել հետազոտվող խառնուրդների բացթողումը կամ օպտիկական խտությունը (ինչպես նշված է առաջ. 2-ում): Ստացված տվյալները գրանցել աղյուսակում **(տե՛ս աղ. 2):**

Աղյուսակ 2

№	I, մութ պայման. ճառագայթ.	II, մութ պայման. չճառագայթ.	III, մութ պայման. ճառագայթ.	IV, մութ պայման. չճառագայթ
t, րոպե	T կամ D	T կամ D	T կամ D	T կամ D
10				
20				
30				
…				

1-ին, 2-րդ՝ 0.9 % $NaCl$ լուծույթ + ճառագայթահարված էրիթրոցիտների կախույթ,3-րդ, 4-րդ՝ էրիթրոզին + ճառագայթահարված էրիթրոցիտների կախույթ:

Համեմատել հետազոտված չորս տարբերակների համար ստացված տվյալները: Գրել եզրակացություն:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼ ԾԲՀ ԷՄ ԱԼԻՔՆԵՐԻ ԵՎ ԼՈՒՅՍԻ ԶՈՒԳԱԿՑՎԱԾ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՀԵՄՈԼԻԶԻ ՎՐԱ ԳՈՒՆԱՆՅՈՒԹԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Վերցնել ութ փորձանոթ, համարակալել:

2. Առաջին չորս փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ ֆիզիոլոգիական լուծույթ և ավելացնել 1մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
3. Հինգից ութերորդ փորձանոթների մեջ լցնել 5-ական մլ էրիթրոզինի լուծույթ և յուրաքանչյուրին ավելացնել 1 մլ էրիթրոցիտների կախույթ:
4. Փորձանոթների պարունակությունը խնամքով խառնել:
5. Առաջին և հինգերորդ փորձանոթները տեղադրել պահարանում՝ մթության մեջ, սենյակային ջերմաստիճանում:
6. Երկրորդ և վեցերորդ փորձանոթները ճառագայթահարել 42,2 ԳՀց հաճախականությամբ ԷՄ ալիքներով 10 ր ընթացքում, ապա՝ տեղափոխել մութ պայմաններ՝ պահարան:
7. Երրորդ և յոթերորդ փորձանոթները ճառագայթահարել տեսանելի լույսով 10 ր ընթացքում:
8. Չորրորդ և ութերորդ փորձանոթները ենթարկել տեսանելի լույսի և ԷՄ ալիքների ազդեցությանը 10 ր ընթացքում:
9. Օպտիկական սարքի օգնությամբ 3 ժամվա ընթացքում՝ յուրաքանչյուր 10 ր մեկ, չափել հետազոտվող խառնուրդների բացթողումը կամ օպտիկական խտությունը (ինչպես նշված է առաջ. 2-ում):

Ստացված տվյալները գրանցել աղյուսակում (տե՛ս աղ. 3):

Աղյուսակ 3

№	I, մութ պայ-ման. չճառ.	II, մութ պայ-ման. ճառ.	III, լույս պայ-ման. չճառ.	IV, լույս պայ-ման. ճառ.	V, մութ պայ-ման. չճառ.	VI, մութ պայ-ման. ճառ.	VII, լույս պայ-ման. չճառ.	VIII, լույս պայ-ման. ճառ.
t, ր	T / D	T /D	T / D	T /D	T / D	T / D	T / D	T /D
10								
20								
30								
…								

1-ին, 2-րդ, 3-րդ, 4-րդ՝ 0.9 % $NaCl$ լուծույթ + էրիթրոցիտների կախույթ, 5-րդ, 6-րդ, 7-րդ, 8-րդ՝ էրիթրոզին + էրիթրոցիտների կախույթ:

Համեմատել հետազոտված ութ տարբերակների համար ստացված տվյալները: Գրել եզրակացություն:

8. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԿԻՆԵՏԻԿԱՆ

Կինետիկան ուսումնասիրում է քիմիական և կենսաքիմիական ռեակցիաների իրականացման օրինաչափությունները ժամանակի ընթացքում և մեխանիզմները: Քիմիական ռեակցիան նյութերի մոլեկուլների և ատոմների փոխազդեցության պրոցեսն է, որի արդյունքում առաջանում են նոր միացություններ: Կենսաքիմիական ռեակցիան նույնպիսի փոխազդեցության պրոցես է: Սակայն այն ընթանում է ռեակցիան արագացնող ֆերմենտի մասնակցությամբ: Առավել հանգամանորեն ուսումնասիրված է քիմիական ռեակցիաների կինետիկան, որի հիմնական օրենքները կիրառելի են կենսաբանական համակարգերում, թեև կենսաբանական պրոցեսներն ընթանում են որակապես այլ պայմաններում:

Քիմիական ռեակցիայի իրականացման համար անհրաժեշտ է փոխազդող ատոմների, մոլեկուլների բախում: Կախված ռեակցիաներին մասնակցող տարրական ելակետային մասնիկների քանակից՝ նրանք բաժանվում են միամոլեկուլային ռեակցիաների, որոնց տարրական գործողությունում մասնակցում է մեկ մասնիկ, երկմոլեկուլային և եռմոլեկու-

լային, եթե մասնակցում են համապատասխանաբար երկու և երեք մասնիկներ (կամ մոլեկուլներ):

Ռեակցիայի կարևոր բնութագրիչ է պրոցեսի արագությունը, որը որոշվում է ժամանակի ընթացքում քիմիական ելանյութի քանակի աճմամբ կամ նվազմամբ քիմիական փոխարկման արդյունքում:

Համաձայն քիմիական ռեակցիաների ընթացքի կինետիկ տեսության՝ նրա արագությունը հիմնականում կախված է ռեակցիայի մեջ մտնող նյութերի կոնցենտրացիայից ու ջերմաստիճանից և միջավայրի այլ գործոններից: Նման կախվածությունը պայմանավորված է նրանով, որ քիմիական վերափոխումը տեղի է ունենում անկանոն ջերմային շարժման մեջ գտնվող մոլեկուլների բախման արդյունքում: Ուստի ջերմաստիճանի բարձրացման հետ միասին մեծանում է մոլեկուլների վազանցի երկարությունը, հետևաբար նաև դրանց բախման հավանականությունը: Այսպիսով, ջերմաստիճանի բարձրացումն ուղեկցվում է ռեակցիայի մեջ մտնելու ընդունակ մոլեկուլների թվի աճով, հանգեցնում է ռեակցիայի արագացմանը:

Քիմիական ռեակցիայի առագության կախվածությունը ջերմաստիճանից նկարագրվում է Ս. Արրենիուսի հավասարումով՝

$$K = pZe^{-\frac{E_a}{RT}} \qquad (1),$$

որտեղ K -ն ռեակցիայի արագության հաստատունն է,

p -ն՝ ստերիկ գործոնը,

Z -ը՝ մոլեկուլների միջև բախումների թիվը,

e -ն՝ բնական լոգարիթմի հիմքը,

E_a -ը՝ ակտիվացման էներգիան, այսինքն՝ մոլեկուլի կինետիկ էներգիայի այն մակարդակը, որն անհրաժեշտ է ռեակցիայի իրականացման համար,

R -ը՝ ունիվերսալ գազային հաստատունը,

T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը:

Հարկ է նշել, որ մոլեկուլների ոչ բոլոր բախումներն են հանգեցնում ռեակցիայի իրականացմանն անգամ այն դեպքում, երբ մոլեկուլների կինետիկ էներգիան հավասար է ակտիվացման էներգիային: Ուստի անհրաժեշտ պայման է որ մոլեկուլները բախվեն ակտիվ տեղամասերով, խմբերով, կենտրոններով: Այդ պատճառով Արրենիուսի հավասարման մեջ մտցված է p մեծությունը՝ ստերիկ գործոնը, որը մոլեկուլների հաջող բախման հավանականությունն է: Վերջինս հակադարձ համեմատական է փոխազդող մոլեկուլների չափսերին: Հաջող բախման հավանականությունն աճում է ջերմաստիճանի և ակտիվ մոլեկուլների թվի աճմանը զուգընթաց:

Մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է աճում ակտիվ մոլեկուլների թիվը, այսինքն՝ ռեակցիայի արագությունը, կոչվում է ***ջերմաստիճանային գործակից:*** Այդ գործակիցը ուսումնասիրվող համակարգի որևէ բնութագրիչի տարբեր ջերմաստիճանների պայմաններում որոշված արժեքների հարաբերությունն է:

Առավել հաճախ կիրառվում է Վանտ-Հոֆֆի ջերմաստիճանային գործակիցը՝ Q_{10}, որը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է մեծանում ռեակցիայի արագությունը 10°C-ով ջերմաստիճանի մեծացման դեպքում՝

$$Q_{10} = \frac{V_{T+10}}{V_T} \quad (2),$$

որտեղ V_T - ն ջերմաստիճանում ռեակցիայի արագությունն է,

V_{T+10} -ը՝ ռեակցիայի արագությունը ջերմաստիճանը 10°C-ով բարձրացնելու դեպքում:

Ջերմաստիճանային գործակցի և այն էներգիայի միջև, որով պետք է օժտված լինեն մոլեկուլները, որպեսզի դրանց բախման դեպքում ռեակցիա տեղի ունենա, գոյություն ունի հետևյալ կախվածությունը՝

$$E_a = 0,46 T_1 T_2 \lg Q_{10} \quad (3),$$

որտեղ E_a - ն ակտիվացման էներգիան է, կկալ/մոլ,

T_1 -ը, T_2 -ը՝ միմյանցից 10°-ով տարբերվող ջերմաստիճանները, ներկայացված ջերմաստիճանային բացարձակ սանդղակով՝ ըստ Կելվինի,

$\lg Q_{10}$ -ը՝ ջերմաստիճանային գործակցի տասնորդական լոգարիթմը:

Վերոհիշյալ բանաձևն օգտագործում են բազմաթիվ կենսաբանական պրոցեսների ուսումնասիրությունների ժամանակ՝ ակտիվացման էներգիան հաշվարկելու համար: Ջերմաստիճանային գործակիցը և ակտիվացման էներգիան հաշվարկվում են, օրինակ, ֆերմենտային կատալիզի, սպիտակուցների բնափոխման, ֆոտոքիմիական պրոցեսների, էրիթրոցիտների հեմոլիզի կինետիկայի, սրտի աշխատանքի և այլ պրոցեսների համար:

Հարկ է նշել, որ հետերոգեն միջավայրում միաժամանակ ընթանում են հազարավոր քիմիական ռեակցիաներ, որոնց

համար պահանջվում է որոշակի ջերմաստիճանային օպտիմում: Ուստի կենսաբանական օբյեկտների համար Արրենիուսի և Վանտ-Հոֆֆի հավասարումների կիրառումը հարաբերական է, քանի որ օպտիմալ մակարդակից բարձր ջերմաստիճանի աճը հանգեցնում է կենսաքիմիական ռեակցիաների արագության նվազմանը:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: 0,1Մ կալիում-ֆոսֆատային բուֆեր, pH 7,4, ՆԱԴ·H-ի 4մՄ լուծույթ, պիրոխաղողաթթվի նատրիումական աղի (նատրիումի պիրուվատի) 0,7 մՄ լուծույթ, սպեկտրաֆոտոմետր, ֆոտոէլեկտրակոլորիմետր (ԿՖԿ-2), թերմոստատ, առնետներ, խոնավ խցիկներ, ջերմաչափեր (0°-ից մինչև 50°C սանդղակով), Շտրաուբի կանյուլա, պատրաստուկային գործիքների հավաքածու, վայրկյանաչափ, սառույցով անոթ, Ռինգերի լուծույթ՝ սառնարյունների համար, գորտ:

ՆԱԽԱՊԱՏՐԱՍՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ

Խոնավ խցիկներ պատրաստելու համար վերցնել երեք լայն վզիկով ապակե անոթներ, որոնց հատակին լցնել ջուր: Խցիկներից մեկի մեջ լցնել սենյակային ջերմաստիճան ունեցող ջուր, երկրորդի մեջ՝ դրանից 10°C-ով բարձր, իսկ երրորդի մեջ՝ 10°C-ով ցածր ջերմաստիճանի ջուր: Խցիկը փակելու համար օգտագործել երկու անցք ունեցող խցան. մեկը նախատեսված է ջերմաչափի, մյուսը՝ կանյուլայի համար:

Ջերմաստիճանային գործակցի որոշման համար հարմար օբյեկտ է գորտի մեկուսացված սիրտը:

ԳՈՐՏԻ ՍՐՏԻ ՄԵԿՈՒՍԱՑՈՒՄԸ

1. Գորտին անշարժացնել՝ զոնդի օգնությամբ քայքայելով ողնուղեղը:
2. Փորիկի մաշկի վրա անել խաչաձև կտրվածք և զգուշությամբ կտրել կրծոսկրը: Այնուհետև կտրել վերին վերջույթների գոտին մեջտեղում և հեռացնելով միմյանցից վեջույթները՝ բացել կրծքի խոռոչը: Սիրտն ազատել սրտապարկից և կտրել սանձիկը:
3. Աչքի ունելիների օգնությամբ առրտայի ձախ աղեղի տակով անցկացնել երկու անոթակապիչ, որոնցից մեկը ամուր կապել, մյուսը՝ թողնել ազատ:
4. Անոթակապիչներ անցկացնել նաև առրտայի աջ աղեղի, ստորին սիներակի և թոքային երակների տակով և բոլորն ամուր կապել:
5. Առրտայի ձախ աղեղի վրա՝ անոթակապիչի և սրտի միջև ընկած հատվածում, անել կտրվածք և վերջինիս մեջ զգուշությամբ մտցնել Ռինգերի լուծույթով լցված Շտրաուբի կանյուլայի նեղ ծայրը:
6. Սիստոլայի ժամանակ կանյուլայի ծայրը հասցնել փորոքի խոռոչ: Եթե բոլոր գործողությունները ճիշտ են կատարվել, ապա կանյուլայում պետք է հայտնվի արյան շիթ:
7. Ազատ մնացած անոթակապիչով սիրտն ամրացնել կանյուլային և մեկուսացնել այն՝ կտրելով բոլոր մնացած անոթները: Մեկուսացված սիրտը լվանալ Ռինգերի լուծույթով և տեղադրել խոնավ խցիկում:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ԳՈՐՏԻ ՄԵԿՈՒՍԱՑՎԱԾ ՍՐՏԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԵՎ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՀԱՇՎԱՐԿՈՒՄԸ

Խցանի վրա ամրացնել ջերմաչափը և կծկվող սրտով կանյուլան, վերջիններս պետք է գտնվեն նույն մակարդակի վրա: Խցանը տեղադրել համապատասխան ջերմաստիճան ունեցող ջրով լցված խցիկի մեջ (նկ. 1): Սրտի կծկումների հաճախականությունը հաշվել խցիկում տեղադրելուց 10 ր հետո նախ սենյակային, ապա՝ 10°C-ով բարձր և, ի վերջո, 10°C-ով ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում:

Ջերմաստիճանային գործակիցը և ակտիվացման էներգիան հաշվարկել (2) և (3) բանաձևերով ջերմաստիճանների երկու համակցությունների համար՝

ա) սենյակային և 10°C-ով բարձր,

բ) սենյակային և 10°C-ով ցածր:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՀԵՄՈԼԻԶԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԵՎ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՀԱՇՎԱՐԿՈՒՄԸ

Պատրաստել էրիթրոցիտների կախույթ աշխատանք 6-ում նկարագրված եղանակով: Ստացված կախույթը բաժանել 3 մասի՝ լցնել փորձանոթների մեջ: Առաջին բաժինը տեղադրել թերմոստատի մեջ 30°C պայմաններում և թողնել 25 ր: Երկրորդ բաժինը պահել սառնարանում, ապա՝ (նախքան օգտագործելը) 25 ր 10°C պայմաններում: Կախույթի երրորդ բաժինը տեղափոխել կյուվետի մեջ և հրահրել թթվային հեմոլիզ (20°C) աշխատանք 6-ում նկարագրված եղանակով: Հետևել

հեմոլիզի ընթացքին՝ գրանցելով օպտիկական խտության արժեքները:

Նույն գործողությունները կատարել 30°C, ապա՝ 10°C պայմաններում պահված էրիթրոցիտների կախույթների հետ: Ստացված տվյալների հիման վրա կառուցել ժամանակի ընթացքում օպտիկական խտության արժեքների փոփոխման կորեր՝ փորձի յուրաքանչյուր տարբերակի համար: Յուրաքանչյուր կորի վրա գտնել 50 % հեմոլիզին համապատասխանող կետը և օրդինատի առանցքի վրա որոշել հեմոլիզի կորի բարձրությունը, բաժանել այն 2-ի, ստացված կետից տանել աբսցիսի առանցքին զուգահեռ գիծ մինչև կորի հետ հատվելը: Հատման կետից աբսցիսի առանցքին իջեցնել ուղղահայաց: Աբսցիսի առանցքի հետ հատման կետը 50 % հեմոլիզի տևողությունն է (t): Ընդունելով, որ հեմոլիզի արագությունը (V) այդ պրոցեսի տևողության հակադարձ համեմատական մեծություն է, տարբեր ջերմաստիճանների պայմաններում իրականացված հեմոլիզի արագությունների հարաբերությունը՝ ջերմաստիճանային գործակիցը, կարելի է ներկայացնել հետևյալ հարաբերությամբ.

$$Q_{10} = \frac{V_{T+10}}{V_T} = \frac{t_T}{t_{T+10}} \qquad (4),$$

որտեղ t_T-ն 50% հեմոլիզի տևողությունն է T ջերմաստիճանում (ըստ Կելվինի)

t_{T+10} -ը՝ 50% հեմոլիզի տևողությունը T+10 ջերմաստիճանում:

Հաշվարկել հեմոլիզի ջերմաստիճանային գործակցի և ակտիվացման էներգիայի թվային արժեքները համապատասխանաբար (4) և (3) բանաձևերով:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՖԵՐՄԵՆՏԱՅԻՆ ԿԱՏԱԼԻԶԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ԵՎ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ:

ՈՐՈՇԵԼ ԿԵՆԴԱՆՈՒ ԱՐՅԱՆ ՇԻՃՈՒԿՈՒՄ ԼԱԿՏԱՏԴԵՀԻԴՐՈԳԵՆԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Կենդանուն գլխատել, վերցնել արյունը և ցենտրիֆուգել 15 ր 5000g արագացումով:
2. Առանձնացնել վերնստվածքային հեղուկը (արյան շիճուկը) և օգտագործել հետագա հետազոտություններում:
3. Պատրաստել ռեակցիոն խառնուրդ հետևյալ բաղադրությամբ՝
   - 1,7 մլ թորած ջուր,
   - 1 մլ 0,1Մ կալիում-ֆոսֆատային բուֆեր,
   - 0,1 մլ արյան շիճուկ,
   - 0,1 մլ ՆԱԴ·Հ-ի 4 մՄ լուծույթ:
4. Որպես ստուգիչ օգտագործել նույն բաղադրության խառնուրդ, որի մեջ արյան շիճուկի փոխարեն ավելացնել նույն ծավալի թորած ջուր: Ստացված խառնուրդը լավ թափահարելով և տեղադրել թերմոստատում 37^0C-ի պայմաններում:
5. 5 ր հետո յուրաքանչյուր խառնուրդին ավելացնել 0,1 մլ նատրիումի պիրուվատի լուծույթ: Նատրիումի պիրուվատի ավելացումից անմիջապես հետո ռեակցիոն խառնուրդը տեղափոխել սպեկտրաֆոտոմետրի կվարցե կյուվետի մեջ

և կյուվետը տեղադրել ջերմակարգավորվող խցիկում (37 ^{0}C-ի պայմանում):

6. Չափել օպտիկական խտության արժեքները 5 ր ընթացքում՝ յուրաքանչյուր 30 վայրկյանը մեկ, 340 նմ ալիքի երկարության տակ:

Հաշվարկել ֆերմենտի ակտիվությունը հետևյալ բանաձևով՝

$$A = \frac{\Delta D}{\varepsilon cvt} \qquad (5),$$

որտեղ A-ն ֆերմենտի ակտիվությունն է՝ արտահայտված միավոր ժամանակում (ր) օքսիդացված ՆԱԴ·H-ի քանակությամբ (մկմոլ) 1մգ սպիտակուցի հաշվարկով,

ΔD-ն՝ օպտիկական խտության առաջին և վերջին արժեքների տարբերությունը,

ε -ը՝ ՆԱԴ·H-ի էքստինկցիայի գործակիցը 340 նմ ալիքի երկարության դեպքում,

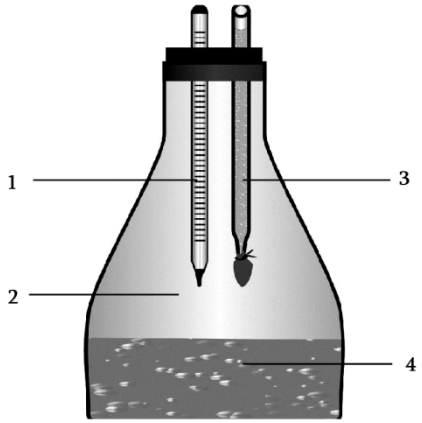
c -ն՝ սպիտակուցի քանակը, մգ/մլ,

v -ն՝ ռեակցիոն խառնուրդի ծավալը, մլ,

t -ն՝ չափման տևողությունը, ր:

Սպիտակուցի քանակը որոշել Լոուրիի եղանակով:

Նույն գործողությունները կատարել 27°C-ի պայմաններում: Ստացված տվյալների հիման վրա (5) բանաձևով հաշվարկել ֆերմենտի ակտիվությունը 27°C և 37°C պայմաններում: Որոշել ջերմաստիճանային գործակցի և ակտիվացման էներգիայի արժեքները համապատասխանաբար (2) և (3) բանաձևերով:



Նկ. 1. Գորտի մեկուսացված սրտի ջերմաստիճանային գործակցի որոշման հարմարանք.
1 - ջերմաչափ, 2 - խոնավ խցիկ, 3 – կանյուլա՝ գորտի մեկուսացված սրտով, 4 - պահանջվող ջերմաստիճանի ջուր:

9. ԿԵՆՍԱՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ. ԿԵՆՍԱՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐ

Կենդանի օրգանիզմներում իրականացվող բազմաթիվ գործընթացներ ուղեկցվում են բջիջներում և հյուսվածքներում էլեկտրաշարժիչ ուժերի առաջացմամբ՝ կենսապոտենցիալների ծագմամբ: Կենսապոտենցիալների մեծությունը սովորաբար չի գերազանցում 50-150 մՎ: Բացառություն չեն ձկների էլեկտրական օրգանների կենսապոտենցիալները, որոնց պարպումները հասնում են մի քանի հարյուր վոլտի: Էլեկտրական օրգանի պարպումը բազմաթիվ հաջորդական միացած տարրական կառուցվածքային միավորների՝ բջիջների պար-

պումների գումար է, մինչդեռ յուրաքանչյուր առանձին բջջում էլեկտրաշարժիչ ուժը չի գերազանցում 100-150 մՎ-ը։

Կենսապոտենցիալների հաճախական բնութագրիչի տակ հասկանում են ոչ թե դրանց առաջացման (հաջորդման) հաճախականությունը, այլ տվյալ պոտենցիալի զարգացման ժամանակը։ Օրինակ՝ գորտի նյարդի գործողության պոտենցիալները, կախված գրգռման հաճախությունից, կարող են առաջանալ 1 վայրկյանում 20, 40, 50, 100 անգամ, մինչդեռ հաճախական բնութագրիչը մնում է անփոփոխ՝ 100Հց, քանի որ յուրաքնչյուր առանձին պոտենցիալը տևում է 0,001 վրկ։ Եթե պոտենցիալը զարգանում է 0,02 վրկ, ապա դրա հաճախական բնութագրիչը 50Հց է և այլն։

Ելնելով երևույթի ֆիզիկական բնույթից՝ կենսապոտենցիալը կարելի է սահմանել որպես երկու կետերի միջև պոտենցիալների տարբերություն։ Կենդանի համակարգերում պոտենցիալների տարբերության առաջացումը պայմանավորված է դրանցում որոշակի ֆիզիկաքիմիական գրադիենտների առկայությամբ, օրինակ՝ միևնույն օրգանի կամ բջջի դրդված և չդրդված տեղամասերի, բջջի պարունակության և նրան շրջապատող միջավայրի միջև։ Այդ գրադիենտները կարող են պահպանվել նյութափոխանակության այս կամ այն օղակներով. դրանք ստացիոնար վիճակում գտնվող կենդանի համակարգերում պոտենցիալների հաստատուն տարբերություններն են։ Այն դեպքում, երբ կենդանի համակարգը մի ստացիոնար վիճակից անցնում է մյուսին, արագ առաջանում է պոտենցիալների տարբերություն, որը կրկին վերանում է։ Այդ տարբերությունները թերմոդինամիկորեն հավասարակշռված չեն, դրանք դեպի բջիջ և բջջից դուրս որոշ իոնների անհավասարաչափ հոսքերի արդյունքն են։

Գոյություն ունեն բազմապիսի կենսապոտենցիալներ, որոնք համաձայն՝ Դ.Լ. Ռուբինշտեյնի դասակարգման միավորվում են 3 խմբերում՝ 1) մետաբոլիկ, 2) հանգստի կամ վնասվածքի (դեմարկացիոն), 3) գործողության: Այս դասակարգումն արտացոլում է պոտենցիալների կապը կենդանի օրգանիզմներում իրականացող գործընթացների հետ: *Առաջին խմբին են* դասվում ստացիոնար՝ ժամանակի մեջ հաստատուն պոտենցիալների տարբերությունները, որոնք առաջանում են հյուսվածքների նյութափոխանակության տարբեր ինտենսիվությամբ բնութագրվող տեղամասերի միջև, օրինակ, պոտենցիալների տարբերությունները թիթեղնավոր գոյացությունների (գորտի մաշկի, աչքի եղջերաթաղանթի, բարձրակարգ բույսերի տերևի) հակադիր մակերևույթների, բույսի ցողունի գագաթի և արմատների միջև, ֆոտոսինթեզի պոտենցիալը և այլն:

Դեմարկացիոն պոտենցիալներին *են դասվում այն պոտենցիալները, որոնք ծագում են բջջի կամ հյուսվածքի վնասված և չվնասված տեղամասերի* միջև, ինչպես նաև բջիջների արտաքին մակերևույթի և ներքին պարունակության պոտենցիալների տարբերությունները: Ընդ որում, որպես կանոն, բջջի վնասված տեղամասը և ներքին պարունակությունը էլեկտրաբացասական են լիցքավորված համապատասխանաբար չվնասված տեղամասի և արտաքին մակերևույթի նկատմամբ: Դեմարկացիոն պոտենցիալների հաճախական բնութագրիչը տատանվում է 0-ից մինչև հերցի տասնորդական մասեր: Այս պոտենցիալներն անվանում են հանգստի պոտենցիալներ՝ սովորաբար հակադրելով դրանք գործողության պոտենցիալներին:

Բջիջներում և հյուսվածքներում ծագող կենսապոտենցիալներին են դասվում իոնային բնույթի պոտենցիալները՝ բուն կենսաէլեկտրական և օքսիդավերականգնման պոտենցիալները: *Բուն կենսաէլեկտրական պոտենցիալները պայմանավորված են իոնների անհավասարաչափ բաշխմամբ բջիջների և հյուսվածքների տարբեր մասերում, այսինքն՝ իոնների բաշխման անհամաչափությամբ:*

Անհամաչափության բնույթը, որը պայմանավորում է կենսահամակարգերում պոտենցիալների տարբերության առաջացումը, համապատասխանում է ֆիզիկաքիմիական համակարգերում իոնների անհավասարաչափ բաշխման *երեք հիմնական տիպերին: Առաջին տիպին են դասվում դիֆուզիոն պոտենցիալները*, որոնք առաջանում են հեղուկային հպումների առկայության դեպքում՝ հեղուկների միջև, որոնք ունեն իոնների տարբեր շարժունակություն: *Երկրորդ տիպին են պատկանում թաղանթային պոտենցիալները, որոնց առաջացումը պայմանավորված է որոշ իոնների շարժունությունը սահմանափակող թաղանթի առկայությամբ: Երրորդ տիպը ներկայացված է ֆազային պոտենցիալներով, որոնք առաջանում են երկու ֆազերի սահմանին, օրինակ՝ էլեկտրալիտի ջրային լուծույթի և ջրի հետ չխառնվող լուծիչի սահմանին:*

Բջիջների և հյուսվածքների վրա չափվող պոտենցիալների մյուս խումբը կազմում են ***օքսիդավերականգնման պոտենցիալները***: Այս պոտենցիալների առաջացումը պայմանավորված է էլեկտրոնների անհավասարաչափ բաշխմամբ հյուսվածքների տեղամասերի միջև, որոնք հիմնականում տարբերվում են շնչառական և գլիկոլիտիկ գործընթացների ինտենսիվությամբ, որոնց ժամանակ տեղի են ունենում սուբստրատի մոլեկուլների կողմից էլեկտրոնների միացում և արձակում:

Կենդանի հյուսվածքը հագեցած է շարժուն լիցքերով, որոնց աղբյուրները հիմնականում ջրային միջավայրում հեշտ դիսոցվող աղերն են և որոշ պոլիէլեկտրալիտները:

Աղյուսակ 1-ում ներկայացված են տաքարյուն կենդանիների մկանային բջիջներում (C_i) և արյան պլազմայում (C_e) իոնների բնորոշ խտությունները (ավելի ստույգ՝ ակտիվությունները):

Աղյուսակ 1

Կենսաբանական համակարգի հիմնական իոնների խտությունները

C մՄ/լ	K^+	Na^+	Cl^-	Ca^{++}	Mg^{++}	HCO_3^-
C_i	155	12	4	10^{-5}-10^{-4}	10	8
C_e	4	145	120	2	1	27

Իրական խտությունների իմացության ճշգրտությունը շատ մեծ չէ, քանի որ բավական բարդ է չափել իոնի խտությունը բջջում՝ չխախտելով ամբողջականությունը: Արտաքին միջավայրում խտության չափումն ավելի հեշտ է, սակայն ստացված տվյալը ոչ միշտ է վերաբերում միջավայրի այն մասին, որն անմիջականորեն հարում է բջջաթաղանթին: Բացի այդ՝ տարբեր հյուսվածքներում և տարբեր կենդանիների մոտ իոնների խտություններն օբյեկտիվորեն տարբերվում են:

Կենսապոտենցիալների առաջացման մեխանիզմը հասկանալու համար անհրաժեշտ է հասկանալ իոնների անհավասարաչափ բաշխման պատճառները:

Այսպիսով, կենսապոտենցիալների մեծ մասի առաջացման հիմքում ընկած է իոնների տեղափոխումը: Բացառու-

թյուն են կազմում օքսիդավերականգնման պոտենցիալները, որոնք կապված են էլեկտրոնների միացման կամ փոխանցման գործընթացների հետ:

Կենսապոտենցիալների առաջացումը և հաղորդումը կենսաբանական թաղանթների կարևորագույն գործառույթներից են: Այդ երևույթը ընկած է բջիջների դրդելիության, ներբջջային գործընթացների կարգավորման, նյարդային համակարգի աշխատանքի, մկանային աշխատանքի կարգավորման և ընկալիչների ֆունկցիայի իրականացման հիմքում: Օրգանների և հյուսվածքների կենսապոտենցիալներով ստեղծված էլեկտրական դաշտերի ուսումնասիրման վրա են հիմնված բժշկության մեջ կիրառվող մի շարք ախտաբանական եղանակներ, օրինակ՝ էլեկտրակարդիոգրաֆիան, էլեկտրաէնցեֆալոգրաֆիան, էլեկտրամիոգրաֆիան:

Կենսաբանության տարբեր ոլորտներում, բժշկության մեջ կենսապոտենցիալների ուսումնասիրությունը ծառայում է կենդանի օրգանիզմի առանձին օրգանների, օրգանների համակարգերի և ամբողջ օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակի մասին տեղեկություններ ստանալու համար: Կենսաֆիզիկայի ուսումնասիրությունների ոլորտում են ընկալիչում կամ դրդելի այլ բջջում դրդման առաջացման, ազդակի հաղորդման, մկանների կծկման և նման բնույթի բազմաթիվ այլ գործընթացների իրականացման մեխանիզմների հետազոտությունները, որոնք թույլ են տալիս մոլեկուլային մակարդակի վրա պարզաբանել դրանց առաջացման պատճառները:

Օրգանիզմում գրանցվող կենսապոտենցիալները հիմնականում թաղանթային պոտենցիալներ են:

Թաղանթային պոտենցիալ են անվանում *պոտենցիալների տարբերությունը թաղանթի ներքին և արտաքին մակերևույթների միջև:*

Թաղանթային պոտենցիալներ են **հանգստի և գործողության պոտենցիալները**:

Հանգստի պոտենցիալը ձևավորվում է բջջի ներսում ու արտաքին միջավայրում իոնների խտությունների առկա տարբերության և թաղանթով իոնների դիֆուզիայի հետևանքով: Այսինքն՝ նկատվում է իոնների անհավասարաչափ բաշխում բջջաթաղանթի երկու կողմերում:

Գործողության պոտենցիալը՝ պոտենցիալների տարբերությունն է դրդված և չդրդված տեղամասերի միջև: Գործողության պոտենցիալ է կոչվում թաղանթի իոնային թափանցելիության փոփոխությամբ պայմանավորված էլեկտրական ազդակը, որի շնորհիվ տեղի է ունենում նյարդերով և մկաններով դրդման ալիքի տարածումը: Այլ խոսքով՝ գործողության պոտենցիալը էլեկտրական ակտիվության արագ փոփոխությունն է, որը պայմանավորված է բջիջի կառուցվածքային կամ արտաքին միջավայրի բաղադրության փոփոխություններով: Գործողության պոտենցիալ առաջանում է գրգռիչների ազդեցության տակ Na^+ և K^+ իոնների համար բջջի պլազմալեմի թափանցելիության փոփոխության հետևանքով: Ակնթարթորեն և կարճ ժամանակահատվածում թաղանթի թափանցելիությունը Na^+ և K^+ իոնների համար դառնում է p_{K^+}/p_{Na^+} 1:100 հարաբերության, մինչդեռ հանգստի ժամանակ այն հավասար է 25:1 հարաբերության:

Կենդանի բջիջների պարունակության և նրանց շրջապատող արտաքին միջավայրի միջև պահպանվում է իոնային կազմի և իոնների խտությունների զգալի տարբերություն: Սովորաբար բջիջի ներսում K^+ իոնների խտությունն ավելի մեծ է, քան Na^+ իոններինը, իսկ շրջապատող միջավայրում՝ հակառակը, $K^+ < Na^+$:

Ամփոփելով վերը նշվածը կարող ենք պնդել, որ կենսապոտենցիալները՝ կենդանի համակարգերում ցանկացած պոտենցիալների տարբերությունն են արտաքին միջավայրի և բջջի ներքին պարունակության, բջջի գրգռված և չգրգռված հատվածների, բազմաբջիջ օրգանիզմի տարբեր հատվածների (օրգանների) միջև, որոնք գտնվում են տարբեր ֆիզիոլոգիական վիճակներում:

Իոնների անհամաչափ բաշխումը կենսաբանական օբյեկտները վերարտադրող մոդելային համակարգերում կարելի է ստանալ խտությունների տարբերության առկայության՝ ա) դիֆուզման հաշվին, բ) թաղանթի և գ) տարբեր ֆազերի առկայության դեպքում: Բոլոր այդ պայմաններն առկա են կենդանի օրգանիզմում, որին բնորոշ է պոտենցիալների տարբերությունն իոնների բաշխման անհամաչափության հաշվին:

10. ԴԻՖՈՒԶԻՈՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ

Կենսապոտենցիալներից դիֆուզիոն պոտենցիալի առաջացումը կարելի է ուսումնասիրել՝ չափելով դիֆուզիոն պո-

տենցիալը տարբեր խտությամբ լուծույթներ պարունակող մոդելային համակարգում:

Դիֆուզիոն պոտենցիալի առաջացման համար անհրաժեշտ են հետևյալ պայմանները՝

- որևէ էլեկտրալիտի տարբեր խտություն ունեցող լուծույթների առկայությունը,
- լուծույթում տարբեր շարժունակությամբ անիոնների և կատիոնների առկայությունը,
- լուծույթների միջև հաղորդակցման և իոնների դիֆուզման հնարավորությունը:

Իոնի շարժունակությունն արտահայտվում է էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ լուծիչում վերջինիս տեղափոխման արագությամբ, երբ դաշտի պոտենցիալի գրադիենտը հավասար է 1Վ/սմ:

Դիտարկենք մոդել, որում հաղորդակցվում են տարբեր խտություն ունեցող աղաթթվի երկու լուծույթներ: Այս լուծույթների խտությունները դիֆուզման շնորհիվ ժամանակի ընթացքում պետք է հավասարվեն: Սակայն, քանի որ H^+ իոնի շարժունակությունը շատ ավելի բարձր է, քան Cl^--ը՝ 315 և 65,4 սմ^2·օհմ$^{-1}$·գ·էկվ$^{-1}$, համապատասխանաբար («Հավելված», աղ. 5), դիֆուզման ժամանակ H^+ իոններն առաջին իսկ վայրկյաններից Cl^- իոններից առաջ են անցնում: Արդյունքում դրական և բացասական իոնները բաժանման պայմանական սահմանի երկու կողմերում անհավասարաչափ են բաշխվում, և առաջանում է պոտենցիալների տարբերություն: Առաջացած պոտենցիալների տարբերությունը կդանդաղեցնի ավելի «արագ» H^+ իոնների և կարագացնի ավելի «դանդաղ» Cl^- իոն-

ների դիֆուզման արագությունները: Այս պայմաններում դիֆուզիոն պոտենցիալը չի կարող երկար ժամանակ պահպանվել, քանի որ որոշ ժամանակ անց կհաստատվի իոնների հավասարաչափ բաշխում էլեկտրալիտի ամբողջ ծավալում:

Դիֆուզիոն պոտենցիալի մեծությունը նշված մոդելային փորձում կարելի է հաշվարկել, եթե հայտնի են կատիոնի ու անիոնի շարժունակությունները և հպման մեջ գտնվող էլեկտրալիտների խտությունները: Հաշվարկն իրականացվում է ըստ Հենդերսոնի բանաձևի՝

$$E_{\text{դիֆ.}} = \frac{u^{+} - v^{-}}{u^{+} + v^{-}} \cdot \frac{RT}{NF} \cdot ln \frac{c_1}{c_2} \qquad (1),$$

որտեղ $E_{\text{դիֆ.}}$-ը դիֆուզիոն պոտենցիալն է,

R-ը՝ գազային հաստատունը (8,314 Ջ·աստ.$^{-1}$·մոլ$^{-1}$),

T-ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը՝ արտահայտված Կելվինի աստիճաններով (t°C +273),

F-ը՝ Ֆարադեյի թիվը (96500Կլ· գ·էկվ$^{-1}$),

N-ը՝ իոնների վալենտականությունը,

c_1 և c_2-ը՝ էլեկտրալիտի խտությունները,

u^{+} և v^{-}-ը՝ կատիոնի և անիոնի շարժունակությունները:

Եթե (1) բանաձևի մեջ տեղադրենք հաստատունների (R, T, F) արժեքները, ապա անցնելով տասնորդական լոգարիթմի՝ կստանանք՝

$$E_{\text{դիֆ.}} = \frac{u^{+} - v^{-}}{u^{+} + v^{-}} \cdot \frac{8,314 \cdot 293 \cdot 2,303}{96500} \cdot lg\frac{c_1}{c_2} =$$

$$= \frac{u^{+} - v^{-}}{u^{+} + v^{-}} \cdot 0.058 \cdot lg\frac{c_1}{c_2}\ (\text{մՎ}) \qquad (2)$$

Կիսաթափանցելի թաղանթի առկայության դեպքում, երբ իոններից մեկի շարժունակությունը թաղանթում հավասար է զրոյի, պոտենցիալների տարբերությունը հաշվարկում են Ներնստի բանաձևով՝

$$E = \frac{RT}{nF} ln\frac{c_1}{c_2} \qquad (3),$$

որտեղ նշանակումները նույնն են, ինչ (1) բանաձևում:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: KCl-ի հագեցած լուծույթ, HCl-ի տարբեր խտությամբ (0,1; 0,01; 0,001; 0,0001Ն) լուծույթներ, ագար, պոտենցիոմետր (pH-մետր), երկու կալոմելային էլեկտրոդներ, ապակյա բաժակներ, ապակյա խողովակներ (կամրջակներ), ռետինե տանձիկ, թանզիվ:

Դիֆուզիոն պոտենցիալի չափման համար օգտագործում են հաստատուն պոտենցիալ ունեցող էլեկտրոդներ: Այդպիսի էլեկտրոդներին է պատկանում կալոմելային էլեկտրոդը, որի պոտենցիալը քիչ է ենթարկվում փոփոխությունների ժամանակի ընթացքում և գործնականորեն կախված չէ ջերմաստիճանից:

Կենսաբանական օբյեկտի վնասումը կանխելու նպատակով էլեկտրոդները վերջիններիս են միացնում ագարային

կամրջակներով: Այդպիսի կամրջակներ պատրաստելու համար 2-3 մմ տրամագիծով ապակյա խողովակներն անհրաժեշտ է լցնել KCl-ի հագեցած լուծույթի վրա պատրաստված ագարի 3 % տաք լուծույթով և թողնել, որ ագարը սառչի: Պատրաստի կամրջակները պահել KCl-ի հագեցած լուծույթի մեջ: KCl-ի ընտրությունը պայմանավորված է նրանով, որ K^+ և Cl^- իոնների շարժունակությունները մոտավորապես հավասար են («Հավելված» աղ. 5), ուստի չափող համակարգում դիֆուզիոն պոտենցիալի առաջացումը գործնականորեն բացառվում է:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ՄՈԴԵԼԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԴԻՖՈՒԶԻՈՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԸ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Երկու ապակյա բաժակների մեջ (նկ. 1, բ, բ) լցնել KCl-ի հագեցած լուծույթ:
2. Մյուս երկու՝ գ և դ բաժակների մեջ լցնել HCl-ի տարբեր խտությամբ լուծույթներ:
3. Բաժակներն ագարային կամրջակներով միացնել միմյանց, ինչպես ցույց է տրված նկ. 1-ում:
4. Պոտենցիոմետրին միացված կալոմելային էլեկտրոդները (նկ. 1, ա) ընկղմել KCl-ի հագեցած լուծույթով լցված բաժակների մեջ և անմիջապես գրանցել պոտենցիալի արժեքը: Եթե տվյալ մոդելային համակարգում երկու տարբեր խտություն ունեցող HCl-ի լուծույթների միջև տեղի է ունենում իոնների դիֆուզում, ապա պոտենցիոմետրը կգրանցի

դիֆուզիոն պոտենցիալ, որի մեծությունը կախված է HCl-ի լուծույթների խտությունների տարբերությունից:

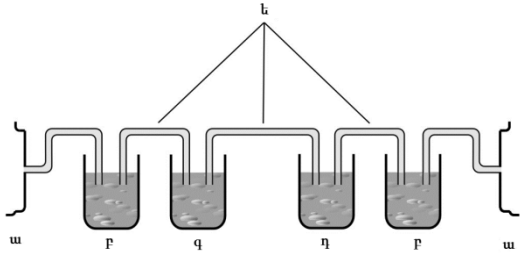
5. Որոշել դիֆուզիոն պոտենցիալի մեծությունը HCl-ի լուծույթների տարբեր զույգերի համար:
6. Ստացված տվյալները գրանցել աղ. 2-ում:
7. Հաշվարկել դիֆուզիոն պոտենցիալի արժեքները (2) բանաձևով HCl-ի լուծույթների տարբեր զույգերի համար և նույնպես գրանցել աղ. 1-ում:

HCl-ի լուծույթների զույգերը փոխելիս յուրաքանչյուր ագնամ անհրաժեշտ է 3-րդ բաժակի մեջ լցնել լուծույթի նոր բաժին:

Յուրաքանչյուր տարբերակի համար ստանալ երեքական տվյալ և աղյուսակի մեջ գրանցել միջին արժեքները:

Եթե տարբերությունը զգալի է, ապա անհրաժեշտ է փորձը կրկնել:

Բացատրել փորձնական և տեսական արժեքների տարբերության պատճառները:



Նկ. 1. Մոդելային համակարգ դիֆուզիոն պոտենցիալի չափման համար. ա – կալոմելային էլեկտրոդներ, բ – ապակյա բաժակներ՝ KCl-ի լուծույթով, գ, դ – ապակյա բաժակներ՝ HCl-ի լուծույթով, ե – ագարային կամրջակներ:

Աղյուսակ կ 1

Դիֆուզիոն պոտենցիալների փորձնական և հաշվարկված արժեքները

Տարբերակ	HCl -ի լուծույթների խտությունը բաժակներում		Պոտենցիալների արժեքները	
	գ	դ	Փորձնական	Հաշվարկված
1	0,1	0,01		
2	0,1	0,001		
3	0,1	0,0001		
4	0,001	0,0001		

11. ՕՔՍԻԴԱՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐ

Կենսաբանական գործընթացներում շատ կարևոր է էլեկտրոնների տեղափոխումը տարբեր մոլեկուլների կամ իոնների միջև, որն ուղեկցվում է դրանց լիցքերի փոփոխմամբ: Այդ երևույթն ընկած է օքսիդավերականգնման վերափոխումների և դրանց հետևանքով օքսիդավերականգնման պոտենցիալների առաջացման հիմքում:

Հայտնի է, որ միացության օքսիդացման հիմքում ընկած ենէ թթվածնի միացումը (կամ ջրածնի անջատումը) և էլեկտրոնի կորուստը, իսկ միացության վերականգման հիմքում՝ ջրածնի միացումը (կամ թթվածնի անջատումը) և էլեկտրոնի ձեռքբերումը: ***Օքսիդիչ*** *է այն միացությունը, որն ընդունակ է միացնել էլեկտրոններ, այսինքն՝ հանդես գալ որպես էլեկտրոնների ակցեպտոր, իսկ* ***վերականգնիչ՝*** *այն միացությունը, որը կարող է տալ էլեկտրոններ, այսինքն՝ լինել էլեկտրոնների դոնոր: Վերականգնիչից օքսիդիչին էլեկտրոնների փոխանցման արդյունքում առաջանում է* ***օքսիդավերականգնման պոտենցիալ (ՕՎՊ):***

Եթե լուծույթի մեջ ընկղմվի քիմիապես չեզոք նյութից պատրաստված էլեկտրոդ, որը կարող է հանդիսանալ կա՛մ էլեկտրոնների ակցեպտոր, կա՛մ դոնոր, և որի վրա կարող են տեղի ունենալ միայն էլեկտրոնների տեղափոխումներ, ապա վերջինիս վրա առաջանում է դրական պոտենցիալ, եթե էլեկտրոդն անջատում է էլեկտրոններ, և առաջանում է բացասական պոտենցիալ, եթե միացնում է:

Կենդանի համակարգում ՕՎՊ արտացոլում է օքսիդացված և վերականգնված ձևերի գումարային խտությունը: Հետևաբար այն կարող է հանդես գալ որպես համակարգի օքսիդացման կամ վերականգման հնարավորության չափանիշ: Այսպիսով, ցանկացած օքսիդավերականգնման համակարգ բնութագրվում է օքսիդացված և վերականգնված ձևերի ակտիվությունների հարաբերությամբ՝ $\text{օքս}/\text{ռեդ}$ (ox/red): $\text{օքս}/\text{ռեդ}$ հարաբերության բարձր արժեքների դեպքում համակարգը ձգտում է գործել գերազանցապես որպես **օքսիդիչ**, ցածր արժեքների դեպքում՝ որպես **վերականգնիչ**:

Օրգանիզմի վրա որոշ գործոնների ազդեցության տակ, օրինակ՝ թթվածնի անբավարարության կամ տարբեր նյութերի ներմուծման ժամանակ տեղի է ունենում օքսիդավերականգնման վերափոխությունների հավասարակշռության խանգարում, որի հետևանքով փոխվում է ՕՎՊ-ի մեծությունը: Մասնավորապես, երբ զարգանում է թթվածնային քաղց, օրգանիզմում տեղի է ունենում նյութերի օքսիդացված ու վերականգնված ձևերի խտությունների գումարային հարաբերության վերաբաշխում՝ վերականգնված ձևերի խտությունների

բարձրացման կողմը: Վերաբաշխման մասին կարելի է դատել ըստ ՕՎՊ-ի մեծության փոփոխության:

Համակարգի ՕՎՊ-ի մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ox]}{[red]} \qquad (1),$$

որտեղ E -ն օքսիդավերականգնման պոտենցիալն է, մՎ,

E_0 -ն՝ ստանդարտ օքսիդավերականգնման պոտենցիալը, մՎ

R -ը՝ գազային հաստատունը,

T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը,

n -ը՝ տեղափոխվող էլեկտրոնների թիվը,

F -ը՝ Ֆարադեյի թիվը,

$[ox]$-ը՝ օքսիդացված ձևի կոնցենտրացիան,

$[red]$-ը՝ վերականգնված ձևի կոնցենտրացիան:

Երբ լուծույթում տվյալ նյութի օքսիդացված և վերականգնված ձևերի խտությունները հավասար են, E -ն հավասարվում է E_0 -ն:

Ստանդարտ ՕՎՊ-ն բնութագրում է օքս-ռեդ համակարգի որպես օքսիդիչ կամ վերականգնիչ գործելու ունակությունը: Այն օքս-ռեդ համակարգը, որն ունի համեմատաբար ավելի բարձր E_0 -ի արժեք, ավելի ցածր E_0 ունեցող համակարգի նկատմամբ կարող է հանդես գալ որպես օքսիդիչ:

Հավասարակշռության վիճակում գտնվող փակ օքսիդավերականգնման համակարգում ՕՎՊ-ն ունի թերմոդինամիկ

իմաստ. այն ներկայացնում է օքսիդացման-վերականգնման ռեակցիայի ազատ էներգիայի չափանիշ: Կենդանի օրգանիզմը սկզբունքորեն տարբերվում է նման համակարգից: Օրգանիզմը բաց համակարգ է, որում ընթանում են ոչ թե առանձին, մեկուսացված, օքսիդավերականգնման ռեակցիաներ, այլ դրանում իրականացվում են վերոհիշյալ ռեակցիաների տիպի հաջորդական վերափոխումներ: Ուստի կենդանի օրգանիզմում օքսիդացում-վերականգնում գործընթացն անդարձելի է: Քանի որ կենդանի օրգանիզմն արտակարգ բարդ համակարգ է, ակնհայտ է, որ դրանում չափվող ՕՎՊ մեծությունը կախված է բազմաթիվ գործոններից:

Օքսիդավերականգնման պոտենցիալի չափման եղանակը փոխառնված է ֆիզիկական քիմիայից և կիրառվում է կենսաբանական համակարգերի տարբեր վիճակների ուսումնասիրության համար: Օքսիդավերականգման պոտենցիալի մեծությունը բջիջների և հյուսվածքների բնականոն կենսագործունեության ժամանակ պահպանվում է հաստատուն մակարդակի վրա: Պոտենցիալի արժեքը որոշակի գործոնների ազդեցության հետևանքով կարող է փոփոխվել, ուստի տվյալ բնութագրիչը կարող է ծառայել որպես օրգանիզմի վիճակի գնահատման ցուցանիշ:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Պոտենցիոմետր, ասեղնաձև պլատինե էլեկտրոդներ՝ 0,2մմ տրամագծով, կալոմելային էլեկտրոդ, KCl- ազարային կամրջակներ, բազմասեղմականի հոսանքափոխիչ, պատրաստուկային գործիքների հավաքածու, Շտրաուբի կանյուլա, կենդանուն ամրացնելու

պատվանդան, տաքարյուն կենդանի (սպիտակ մուկ կամ առնետ), բարբամիլի կամ նեմբուտալի 17 % ջրային լուծույթ:

Պոտենցիոմետրիկ եղանակով համակարգի ՕՎՊ մեծության որոշման համար չափվում է չեզոք և համեմատական էլեկտրոդներ ընդգրկող շղթայի էլեկտրաշարժիչ ուժը: Չեզոք էլեկտրոդները պատրաստված են պինդ, քիմիապես չեզոք մետաղից՝ պլատինից, ոսկուց և այլն: Կախված կենսաբանական օբյեկտից և չափման պայմաններից՝ օգտագործում են ասեղնաձև կամ թիթեղնաձև էլեկտրոդներ:

Էլեկտրոդները չափման միջավայր ընկղմելուց որոշ ժամանակ անց չեզոք էլեկտրոդի մակերևույթին հաստատվում է պոտենցիալ, որը կարելի է չափել պոտենցիոմետրի օգնությամբ՝ համեմատելով դրա մեծությունը հաստատուն պոտենցիալ ունեցող էլեկտրոդի (համեմատության էլեկտրոդի) պոտենցիալի մեծության հետ: Որպես համեմատական էլեկտրոդ կարելի է օգտագործել ջրածնային էլեկտրոդը, որի պոտենցիալը պայմանականորեն ընդունվում է հավասար զրոյի: Սակայն, քանի որ ջրածնային էլեկտրոդի բնութագրիչները ժամանակի ընթացքում փոփոխվում են, որպես համեմատական էլեկտրոդ նպատակահարմար է օգտագործել կալոմելային էլեկտրոդ, որի պոտենցիալը հաստատուն է և 25°C ջերմաստիճանի պայմաններում 250 մՎ-ով գերազանցում է ջրածնային էլեկտրոդի պոտենցիալի մեծությունը. դրական է վերջինիս նկատմամբ: Այս էլեկտրոդի հաղորդակցումը կենսաբանական օբյեկտի հետ իրականացվում է ագարային կամրջակի միջոցով:

ՕՎՊ հաստատման համար պահանջվում է որոշ ժամանակ (5-15 ր): Այդ ժամանակամիջոցն անհրաժեշտ է էլեկտրոդի և համակարգի միջև հավասարակշռության հաստատման համար:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՉԱՓԵԼ ՍՊԻՏԱԿ ԱՌՆԵՏԻ ՀԵՏԻՆ ՎԵՐ-ՋՈՒՅԹԻ ՄԿԱՆԻ ՕՎՊ-Ն IN VIVO ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱ-ՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Կենդանուն ամրացնել պատվանդանի վրա:
2. Մկան հետին վերջույթի վրա նշել էլեկտրոդի ներմուծման տեղամասը և ասեղնաձև էլեկտրոդը մտցնել վերջույթի մկանի մեջ՝ նշված տեղամասում:
3. Կենդանու մարմնի որևէ մասում մերկացնել մաշկը անել նուրբ կտրվածք: Ագարային կամրջակի սուր ծայրը զգուշությամբ ներմուծել կտրվածքի տեղում՝ ենթամաշկային բջջանքի մեջ:
4. Կալոմելային էլեկտրոդն իջեցնել KCl-ի հագեցած լուծույթով լցված բաժակի մեջ և նույն լուծույթի մեջ ընկղմել ագարային կամրջակի մյուս ծայրը: Այսպիսով, կալոմելային էլեկտրոդը միացվում է կենդանու մկանին:
5. Երկու էլեկտրոդները միացնել պոտենցիոմետրին և յուրաքանչյուր 5 րոպեն մեկ գրանցել սարքի ցուցմունքն այնքան ժամանակ, մինչև պոտենցիալի իրար հաջորդող երկու արժեքները կրկնվեն:
6. Չփոխելով կալոմելային էլեկտրոդի տեղը՝ ասեղնաձև էլեկտրոդը տեղափոխել նույն մկանի մեկ այլ տեղամաս կամ վերջույթի այլ մկանի մեջ և նույն ժամանակահատվածում որոշել պոտենցիալի արժեքները:

Ստացված տվյալների հիման վրա կառուցել ժամանակից ՕՎՊ արժեքների կախվածության կոր՝ աբսցիսի վրա տեղադրելով ժամանակը, օրդինատի վրա՝ պոտենցիալի արժեքները (մՎ):

Վերլուծել ստացված արդյունքները:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՉԱՓԵԼ ՕՎՊ-Ի ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆ ԱՐՅԱՆ ՀՈՍՔԻ ԸՆԴՀԱՏՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Կենդանուն ամրացնել պատվանդանին և էլեկտրոդները տեղադրել վերջույթի որևէ մկանի վերը նշված եղանակով:
2. Ստանալ մկանի ՕՎՊ հաստատուն արժեքը, ապա վերջույթի վրա՝ էլեկտրոդի ներմուծման տեղամասից վեր դնել ամուր քուղ՝ արյան հոսքը դադարեցնելու նպատակով:
3. Հետևել պոտենցիալի արժեքների փոփոխությանը մեկ ժամվա ընթացքում՝ յուրաքանչյուր 5 րոպեն մեկ:
4. Մեկ ժամ հետո քուղը հանել և կրկին չափել պոտենցիալի արժեքները՝ այնքան ժամանակ, մինչև պոտենցիալի իրար հաջորդող երկու արժեքները կրկնվեն:

Ստացված տվյալների հիման վրա կառուցել ժամանակից ՕՎՊ արժեքների կախվածության կոր:

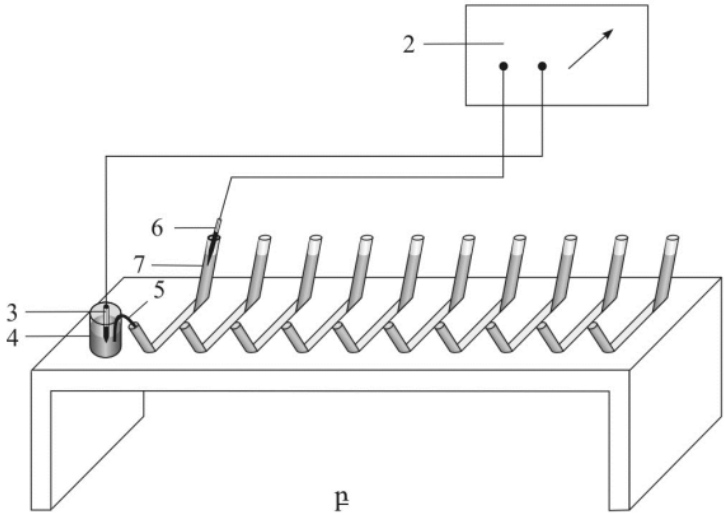
Վերլուծել ստացված արդյունքները:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՕՎՊ-Ի ՉԱՓՈՒՄԸ ՄԱԶԱՆՈԹԱՅԻՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Կենսաբանական և բժշկական հետազոտություններում հաճախ ստիպված են օգտագործել հետազոտվող նմուշների նվազագույն քանակություններ: Կենսաբանական հեղուկների փոքր ծավալներում ՕՎՊ չափման համար կիրառում են մազանոթային եղանակը՝ օգտագործելով նկ. 1-ում ներկայացված հարմարանքը (նկ. 1): U-նման մազանոթի մեջ հավաքել հետազոտվող հեղուկը: Մազանոթի մեջ մեկ ծայրում իջեցնել պլատինե ասեղնաձև էլեկտրոդը, մյուսում՝ ազարային

կամրջակը, որի միջոցով կալոմելային էլեկտրոդը հաղորդակցվում է հետազոտվող հեղուկի հետ: Էլեկտրոդները միացնել չափող սարքին և գրանցել վերջինիս ցուցմունքները միացնելուց անմիջատես հետո և հաջորդ յուրաքանչյուր 5 րոպե մեկ՝ մինչև պոտենցիալի արժեքի հաստատումը:

Նկար 1-ում ներկայացված սարքի օգնությամբ կարելի է չափել և՛ մեկ առանձին, և՛ մեծ թվով կենսաբանական հեղուկների նմուշների ՕՎՊ արժեքները՝ միացնելով էլեկտրոդները չափող սարքին բազմասեղմականի վերամիացուցիչի միջոցով:



Նկ. 1 Հարմարանք մազանոթային եղանակով օքսիդավերականգնման պոտենցիալի չափման համար in vivo (ա) և in vitro (բ) պայմաններում.
1 – էլեկտրոդ-կանուլա, 2 – pH-մետր/միլիվոլտմետր, 3 – կալոմելային կիսաէլեմենտ, 4 – KCl-ի լուծույթով անոթ, 5 – ազարային կամրջակ, 6 – պլատինե ասեղնաձև էլեկտրոդ, 7 – հետազոտվող հեղուկով մազանոթ:

12. ԷԼԵԿՏՐԱԿԻՆԵՏԻԿ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐ

Բջիջների ցիտոպլազման, միջբջջային հեղուկը, արյունը և ավիշը բարդ կոլոիդ տարասեռ համակարգեր են: Այդպիսի համակարգերում հնարավոր են դիսպերս ֆազի շարժում դիսպերսիոն միջավայրի նկատմամբ էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ, պոտենցիալների տարբերությունների առաջացում դիսպերս ֆազի և դիսպերսիոն միջավայրի միջև հիդրոստատիկ ճնշման տարբերության, ինչպես նաև ծանրության ուժի գրադիենտի առկայության դեպքում: Բոլոր վերը նշված երևույթները ստացել են ընդհանուր անվանում՝ *էլեկտրակինետիկ երևույթներ*: Այդ երևույթները այս կամ այն կերպ պայմանավորված են դիսպերս ֆազի և միջավայրի սահմանագծում առաջացող պոտենցիալի թռիչքով, որը կոչվում է էլեկտրակինետիկ պոտենցիալ:

Էլեկտրակինետիկ երևույթներին են դասվում՝

ա) էլեկտրաֆորեզը՝ դիսպերս ֆազի շարժումը դիսպերսիոն միջավայրի նկատմամբ հաստատուն էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ դեպի հակառակ լիցք ունեցող էլեկտրոդը,

բ) էլեկտրաօսմոսը՝ դիսպերսիոն միջավայրի շարժումը անշարժ դիսպերս ֆազի նկատմամբ հաստատուն էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ դեպի դիսպերսիոն միջավայրին հակառակ լիցք ունեցող էլեկտրոդը,

գ) հոսքի պոտենցիալը հիդրոստատիկ ճնշման տարբերության ազդեցության տակ մազանոթներով կամ միջնապատի ծակոտիներով ներթափանցված հեղուկի հոսքի արդյունքում առաջացած պոտենցիալն է,

դ) նստեցման պոտենցիալը, որն առաջանում է տարակազմ համակարգերում վերին և ստորին շերտերի միջև ծանրության ուժի տարբերության հետևանքով դիսպերս ֆազի մասնիկների նստեցման (սեդիմենտացիայի) արդյունքում:

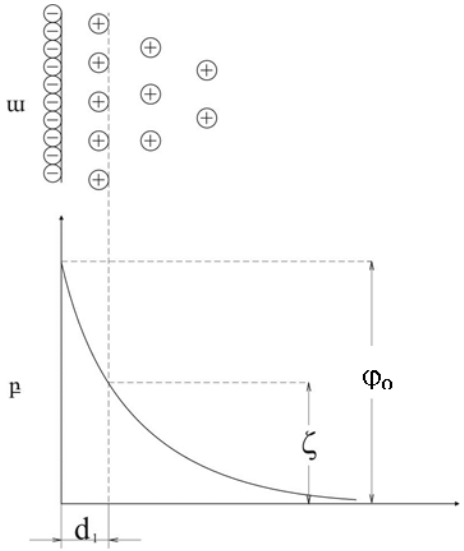
Կենդանական բջիջների մեծ մասը, օրինակ՝ էրիթրոցիտները, լեյկոցիտները, միկրոօրգանիզմները և այլն, pH-ի ֆիզիոլոգիական արժեքների պայմաններում իրենց մակերեսին կրում են բացասական էլեկտրական լիցքի ավելցուկ: Էլեկտրական լիցքերը բջիջների կամ ենթաբջջային կառույցների մակերեսին կարող են առաջանալ երկու պրոցեսների՝ իոնածին խմբերի դիսոցման և դիսպերս ֆազի մակերեսին դիսպերսիոն միջավայրի իոնների ադսորբման արդյունքում: Իոնացման հետևանքով լիցքի ձևավորումը կարող է իրականանալ դիսպերս ֆազի մակերեսին կարբոքսիլ, ամինային և այլ դիսոցվող խմբերի առկայության դեպքում: Իոնների ադսորբումը տեղի է ունենում պոլիսախարիդների, լիպիդների, խոլեստերինի վրա, այսինքն՝ կապված է չդիսոցվող խմբերի առկայության հետ: Մասնիկի մակերեսին էլեկտրաստատիկ լիցքերի ձևավորման մեջ մեծ դեր ունեն ֆոսֆոլիպիդների գլխիկները, նեյրամինաթթուները և դրանց ածանցյալները:

Բացասական լիցքավորված բջիջը շրջապատող միջավայրից ձգում է հակառակ լիցք ունեցող իոններ՝ հակաիոններ, որոնք ձգտում են մոտենալ բջջի մակերեսին գտնվող իոնացված խմբերին: Արդյունքում բջիջը շրջապատվում է կրկնակի էլեկտրական շերտով (ԿԷՇ): Այն կազմված է բջջի հետ ամուր կապված պոտենցիալ առաջացնող իոններից և համարժեք քանակությամբ դիսպերսիոն միջավայրում գտնվող հակառակ լիցք ունեցող հակաիոններից (նկ. 1): Ընդհանուր առմամբ համալիրը մնում է էլեկտրաչեզոք: ԿԷՇ-ի կառուցվածքը կախված

չէ դիսպերս ֆազի մակերեսին լիցքի ձևավորման մեխանիզմից: Տարակազմ համակարգի վրա էլեկտրական դաշտի ազդեցության ժամանակ բջիջը ԿԷՇ-ի հետ միասին տեղաշարժվում է դեպի անոդ կամ կատոդ՝ կախված լիցքի նշանից:

ԿԷՇ-ի էլեկտրական լիցքի ամենամեծ խտությունը բջջի մակերեսի մոտակայքում է, մակերեսից դեպի լուծույթ հեռանալով՝ լիցքի խտությունը աստիճանաբար նվազում է մինչև զրոյական արժեքը. դրական և բացասական լիցքերի քանակությունները հավասարվում են:

Ժամանակակից պատկերացումներով ԿԷՇ-ն ունի բարդ կառուցվածք: Իոններն ունեն միանգամայն որոշակի չափսեր, հետևաբար դրանց կենտրոնները չեն կարող գտնվել ֆազի մակերեսին ավելի մոտ, քան իոնային շառավիղի չափով հեռավորության վրա: Հակաիոնների մի մասը գտնվում են մասնիկի մակերեսին առկա իոնների խիտ շերտում (***Հելմհոլցի շերտ***), որը բաղկացած է պոտենցիալ առաջացնող իոններից և հակաիոնների մի մասից **(նկ. 1):**



Նկ. 1 Կրկնակի էլեկտրական շերտի սխեման (ա)և պոտենցիալի անկման կորը (բ).
d_1 – ադսորբցիոն շերտ, ζ – էլեկտրակինետիկ պոտենցիալ,
φ_0 – էլեկտրաթերմոդինամիկ պոտենցիալ:

Հակաիոնները մակերեսին մոտ պահվում են էլեկտրական և յուրահատուկ ադսորբման ուժերով: Այդ իոններով առաջացվող շերտը կոչվում է ***ադսորբցիոն շերտ***: Ադսորբցիոն շերտը կազմող հակաիոնները միշտ տեղաշարժվում են դիսպերս ֆազի մասնիկների հետ միասին: Դիսպերսիոն միջավայրի մնացած իոնները, որոնք չեն մտնում ադսորբցիոն շերտի մեջ, կազմում են դիֆուզիոն շերտ: Էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ ադսորբցիոն և դիֆուզիոն շերտերի սահմանում առաջանում է պոտենցիալի թռիչք, որը կոչվում է էլեկտրակինետիկ կամ ζ–պոտենցիալ:

Եթե դիսպերս ֆազի մասնիկը շարժվեր էլեկտրական դաշտում առանց հակաիոնների, ապա էլեկտրակինետիկ պոտենցիալը կհամապատասխաներ դիսպերս ֆազի և դիսպերսիոն միջավայրի միջև առաջացող լրիվ՝ էլեկտրաթերմոդինամիկ պոտենցիալին (φ_0): Իրականում, քանի ադսորբցիոն շերտում գտնվող հակաիոնները շարժվում են մասնիկի հետ միասին, ապա՝ $\zeta<\varphi_0$:

ԿԷՇ-ի արդյունավետ հաստությունը կարելի է որոշել Պ. Դեբայի և Ե. Հ յուկկելի ուժեղ էլեկտրալիտների տեսության հիման վրա՝

$$k = \sqrt{\frac{4\pi e^2 N_Ա}{1000DKT}} \cdot \sqrt{\sum C_i Z_i^2} = 0,327 \cdot 10^8 \sqrt{\mu} \quad (1),$$

որտեղ k-ն ԿԷՇ-ի հաստության հակառակ արժեքն է ($\overset{o}{A}$, 25°C),

$N_Ա$-ը՝ Ավոգադրոյի թիվը, ($6,022 \cdot 10^{23}$ մոլ$^{-1}$),

e-ն՝ էլեկտրոնի լիցքը, ($4,802 \cdot 10^{-10}$ էլ.ստ.միավ.),

D-ն՝ դիէլեկտրիկ հաստատունը,

K-ն՝ Բոլցմանի հաստատունը ($1,38 \cdot 10^{-16}$ էրգ·աստ$^{-1}$),

C_i-ն՝ իոնի կոնցենտրացիան (մոլ/լ),

Z_i-ն՝ իոնի լիցքը,

μ-ն՝ լուծույթի իոնային ուժը:

Լուծույթի իոնային ուժը որոշվում է ըստ Գ. Լյուիսի և Մ. Ռենդալի բանաձևի՝

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 : \quad (2)$$

Ինչպես երևում է (1) հավասարումից, ԿԷՇ-ի հաստությունը կախված է լուծույթի իոնային ուժից. բարձր իոնային ուժի դեպքում ԿԷՇ-ը սեղմվում է, իսկ ցածր իոնային ուժի դեպքում՝ լայնանում: ԿԷՇ-ի կառուցվածքի վրա ազդող ցանկացած գործոն ազդում է նաև էլեկտրակինետիկ պոտենցիալի մեծության վրա: Օրինակ՝ դիսպերսիոն միջավայրում իոնների կոնցենտրացիայի աճը հանգեցնում է ԿԷՇ-ի հաստության նվազմանը: Նվազում է նաև ζ-պոտենցիալի մեծությունը: Իոնների կոնցենտրացիայի նվազումը հակառակը. մեծացնում է ԿԷՇ-ի հաստությունը, ուստի, աճում է նաև ζ-պոտենցիալը:

Հարկ է նշել, որ ԿԷՇ բջջի շուրջը կարող է առաջանալ միայն լիցքերի բավականաչափ մեծ քանակության առկայության, այսինքն՝ դրանց մեծ խտության պայմաններում: Եթե լիցքերի քանակը ցածր է, բջջային թաղանթի մակերեսի յուրաքանչյուր իոնի շարժը կառաջացնի իոնային մթնոլորտ, այլ ոչ ԿԷՇ:

Տարակազմ համակարգի վրա էլեկտրական դաշտի ներգործության ժամանակ մասնիկը շարժման մեջ դնող էլեկտրական ուժը՝ f_1, հավասար է.

$$f_1 = QE \qquad (3),$$

որտեղ Q - ն մասնիկի լիցքն է,

E - ն՝ արտաքին էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի գրադիենտը, Վ·սմ$^{-1}$:

Ըստ Ստոքսի օրենքի՝ մասնիկը միաժամանակ կրում է նաև միջավայրի դիմադրության՝ f_2, ազդեցությունը, որը հավասար է.

$$f_2 = 6\pi\eta\omega r \qquad (4),$$

որտեղ r - ը գնդաձև մասնիկի շառավիղն է, սմ,

η - ն՝ դիսպերս միջավայրի մածուցիկությունը, գ·սմ$^{-1}$·վրկ$^{-1}$, պզ,

ω - ն՝ մասնիկի շարժման արագությունը, սմ·վրկ$^{-1}$:

Մասնիկի հավասարաչափ շարժման դեպքում՝ $f_1 = f_2$, այսինքն՝

$$QE = 6\pi\eta\omega r \qquad (5):$$

Հայտնի է, որ լիցքավորված գնդի պոտենցիալը՝ ζ, հավասար է՝

$$\zeta = \frac{Q}{Dr} \text{ կամ } Q = \zeta Dr \qquad (6),$$

որտեղ D -ն դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն է,

r -ը՝ մասնիկի շառավիղը:

Տեղադրելով Q -ի արժեքը՝ (5) բանաձևի մեջ կստանանք.

$$\zeta DrE = 6\pi\eta\omega r \qquad (7),$$

որտեղից՝

$$\zeta = \frac{6\pi\eta\omega r}{DrE} = \frac{6\pi\eta\omega}{DE} \qquad (8):$$

Ստացված բանաձևը կիրառելի է փոքր չափսեր ունեցող գնդաձև մասնիկների համար: Ոչ գնդաձև մասնիկների համար, որոնց չափսերը ԿԷՇ-ի հաստությունից շատ ավելի մեծ են, կիրառելի է Էյնշտեյն-Սմոլուխովսկու բանաձևը՝

$$\zeta = \frac{4\pi\eta\omega}{DE} \qquad (9):$$

Այս բանաձևը լիովին կիրառելի է արյան ձևավոր տարրերի, տարբեր այլ բջիջների և բջջային օրգանոիդների համար:

Բջիջների մակերևույթին էլեկտրական լիցքի խտությունը կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma = \frac{\overline{\omega\eta}}{\frac{1}{k} + r} \qquad (10),$$

որտեղ σ-ն էլեկտրական լիցքի խտությունն է, էլ.ստ. միավոր·սմ$^{-2}$,

k-ն՝ կրկնակի էլեկտրական շերտի հաստությունը, սմ,

η-ն՝ միջավայրի մածուցիկությունը, պզ,

r-ը՝ հակաիոնի միջին շառավիղը, սմ,

ϖ-ն՝ էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը, սմ^2·վրկ$^{-1}$·Վ^1:

Ստացված արժեքը անհրաժեշտ է բազմապատկել 300-ով՝ վոլտերից էլեկտրաստատիկ միավորների անցնելու համար:

Արյան բջիջներն իրենց բնականոն ֆունկցիաներն իրականացնելու համար պետք է ունենան կայուն էլեկտրական լիցք, որը պայմանավորված է դրանց մակերեսի քիմիական կառուցվածքով և շրջակա միջավայրի բաղադրությամբ: Օրինակ՝ էրիթրոցիտների մակերևույթին լիցքի ձևավորման մեջ գլխավոր դերը պատկանում է սիալաթթուների կարբոքսիլային խմբերին, որոնք գլիկոպրոտեիդների՝ բջիջների մակերերևույթին գտնվող ընկալիչների, բջջապատերի կազմի մեջ մտնող պոլիսախարիդային շղթաների կարևոր կառուցվածքային միավորներ են: Լիցքածին խմբեր կարող են լինել, կախված միջավայրի pH-ից, նաև ամինային խմբերը: Եթե միջավայրի pH-ի արժեքները գտնվում են 3,5-10,0 միջակայքում, ապա բջիջի մակերևույթին ձևավորվում է մեծ բացասական լիցք, իսկ եթե pH-ի արժեքները 3,5-ից ցածր են, ապա տեղի է ունենում էրիթրոցիտների մակերևույթի վերալիցքավորում, և լիցքի նշանը դառնում է դրական: pH -ի այն արժեքը, որի դեպքում մասնիկի մակերևույթի լիցքը հավասար է զրոյի, համար-

վում է *իզոէլեկտրիկ կետ*: Իզոէլեկտրիկ կետը գտնվում է pH-ի արժեքների 3,5-3,0 միջակայքում: Վերալիցքավորումը տեղի է ունենում միջավայրի pH-ի 3,0-ից ցածր արժեքների տիրույթում:

Հիվանդագին վիճակների զարգացման ընթացքում բջիջների էլեկտրաստատիկ լիցքը կրում է էական փոփոխություններ՝ պայմանավորված ինչպես վերջիններիս մակերևույթի ֆիզիկաքիմիական կառուցվածքի, այնպես էլ շրջակա միջավայրի բաղադրության փոփոխություններով:

Բակտերիաների էլեկտրակինետիկ հատկությունների ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ նրանք նույնպես իրենց մակերևույթին կրում են էլեկտրաստատիկ լիցքեր: Այդ լիցքերի մեծությունը կախված է միջավայրի pH-ից, իոնական ուժից և բաղադրությունից:

Բակտերիալ բջիջների էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը կախված է նաև բակտերիալ կուլտուրայի տարիքից: Արագ բազմացող բջիջներն օժտված են բարձր էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությամբ, հետևաբար նաև Հ-պոտենցիալի բարձր արժեքով: Այդ ցուցանիշը կարող է ծառայել որպես բակտերիալ կուլտուրայի վիճակի բնութագրիչ:

Այսպիսով, էլեկտրակինետիկ պոտենցիալի մեծությունը տվյալ տեսակի բջիջների և ենթաբջջային կառույցների համար հաստատուն մեծություն է, որը բնութագրում է դրանց ֆունկցիոնալ վիճակը:

Քանի որ էլեկտրակինետիկ պոտենցիալն առաջանում է դիսպերս ֆազին անմիջականորեն հպվող հեղուկի բարակ շերտում, որի չափսերը թույլ չեն տալիս պոտենցիալի անմիջական չափումը գոյություն ունեցող էլեկտրոդներով, ապա դրա մեծությունը գնահատվում է անուղղակի՝ միկրոէլեկտ-

ռաֆորեզի եղանակով: Այս եղանակը հիմնված է էլեկտրական դաշտում մասնիկի շարժման արագության չափման վրա:

Այժմ միկրոէլեկտրաֆորեզի եղանակը լայնորեն կիրառվում է տարաբնույթ հետազոտությունների համար: Մասնավորապես այն կարևոր նշանակություն ունի բուսական, կենդանական, բակտերիալ բջիջների մակերևույթային հատկությունների, հետևաբար նաև ֆունկցիոնալ ակտիվության, կենսունակության և այլնի ուսումնասիրման համար:

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Մանրադիտակ, ակնապակի-մանրաչափիչ, օբյեկտ-մանրաչափիչ, հաստատուն հոսանքի աղբյուր (80-150Վ), վոլտմետր, միլիամպերմետր (10-30մԱ), պոտենցիոմետր, վեցսեղմակային հոսանքափոխիչ, հաղորդալարեր, խցիկ՝ էլեկտրոֆորեզի համար, հաղորդակցման կամրջակներ, KCl-ի 10 %, 2 մՄ և հագեցված լուծույթներ, 1 մՄ $NaCl$-ի, 0,2 Մ տրիսի, pH 8,0, և սախարոզի 8 %, լուծույթներ, գլյուկոզի 40 % լուծույթ, $CuSO_4$-ի հագեցած լուծույթ, պեպտոն, ագար, ֆոսֆատային բուֆեր, pH 8,0, ըստ Մաք-Իլվենի, Սերենսենի ֆոսֆատային խառնուրդ pH-ի տարբեր արժեքներով, էրիթրոցիտներ, E.coli բակտերիաներ, խմորասնկեր:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Օբյեկտ-մանրաչափիչի օգնությամբ որոշել մանրադիտակի ակնապակի-մանրաչափիչի սանդղակի աստիճանագծի արժեքը:
2. Հետազոտվող օբյեկտը տեղադրել էլեկտրաֆորետիկ խցիկի մեջ և դնել մանրադիտակի սեղանիկի վրա:
3. Վերցնել KCl-ի հագեցված լուծույթի վրա պատրաստված ագարով լցված ապակյա խողովակներ (ագարային կամրջակներ) և միացնել միկրոէլեկտրաֆորետիկ խցիկին (նկ. 2):
4. Հոսանքափոխիչը դնել երկու հնարավոր դիրքերից մեկում, բանալին փակել և հոսանքի աղբյուրի պոտենցիոմետրի օգնությամբ էլեկտրական շղթայում հաստատել անհրաժեշտ լարումը:
5. Մանրադիտակի տակ երևում է, որ խցիկում առաջացած էլեկտրական դաշտում մասնիկները սկսում են շարժվել:
6. Մանրադիտակի պտուտակների օգնությամբ տեսադաշտում գտնել կանոնավոր՝ մեկ ուղղությամբ շարժվող մասնիկների հոսք:
7. Չափել մասնիկի շարժման արագությունը՝ միացնել վայրկյանաչափը, երբ մասնիկը հասնում է ակնապակի-մանրաչափիչի ցանցի որևէ մի գծիկին, և կանգնեցնել, երբ նա հասնում է հաջորդ գծիկին:
8. Հոսանքափոխիչի օգնությամբ փոխել հոսանքի ուղղությունը էլեկտրական շղթայում և կրկին չափել շարժման արագությունը:

Շարժման իրական արագությունը որոշելու համար չափումները կատարվում են խցիկի միջին շերտում, որտեղ բա-

ցառվում են էլեկտրաօսմոսի երևույթները խցիկի պատերի մոտ: Յուրաքանչյուր չափման ժամանակ անհրաժեշտ է նշել մասնիկի շարժման ուղղությունը՝ «+»-ից դեպի «-» և «-»-ից դեպի «+»:

Իմանալով ակնապակի-մանրաչափիչի ցանցի աստիճանագծերի միջև հեռավորությունը՝ հաշվարկել մասնիկի շարժման արագությունը հետևյալ բանաձևով՝

$$\omega = \frac{S}{t} \qquad (11),$$

որտեղ S-ը մասնիկի անցած ճանապահն է, սմ

t-ն՝ ժամանակը, վրկ,

ω-ն՝ շարժման արագությունը, սմ·վրկ$^{-1}$:

Որոշելով արագությունը՝ հաշվարկել մասնիկի էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը՝ գծային արագության և էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի գրադիենտի հարաբերությունը՝

$$\bar{\omega} = \frac{\omega}{E} \text{ կամ } \bar{\omega} = \frac{\omega}{tE} \qquad (12),$$

որտեղ E-ն էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի գրադիենտն է, Վ·սմ$^{-1}$:

Էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի գրադիենտը կախված է խցիկում էլեկտրոդների միջև եղած հեռավորությունից, ուստի E - ն հավասար է՝

$$E = \frac{V}{l} \qquad (13),$$

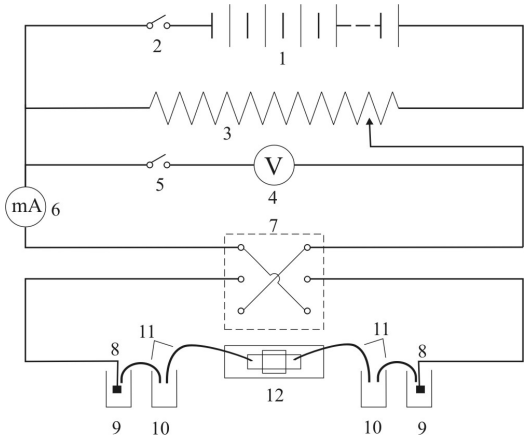
որտեղ V-ն էլեկտրական դաշտի լարումն է, Վ,

l-ը՝ սիֆոնների ծայրերի միջև հեռավորությունը խցիկում, սմ:

Հետևաբար համաձայն (12) և (13) բանաձևերի էլեկտրաֆորետիկ շարժունակության՝ չափողականությունը միավորների էլեկտրատեխնիկական համակարգերում կլինի՝ սմ^2·վրկ$^{-1}$·Վ$^{-1}$:

Տեղադրելով E-ի արժեքը (9) բանաձևի մեջ՝ կստանանք՝

$$\zeta = \frac{4\pi\eta\omega l}{DV} \qquad (14):$$



Նկ. 2 Միկրոէլեկտրաֆորեզի սարքի սխեման.
1 – հաստատուն հոսանքի աղբյուր, 2, 5 – բանալիներ, 3 – պոտենցիոմետր, 4 – վոլտմետր, 6 – միլիամպերմետր, 7 – վեցսեղմակային հոսանքափոխիչ, 8 – պղնձե էլետրոդներ, 9 – $CuSO_4$-ի հագեցած լուծույթով լցված ապակյա բաժակներ, 10 – KCl-ի 10% լուծույթով լցված ապակյա բաժակներ, 11 – ազարային կամրջակներ, 12 – միկրոէլեկտրաֆորետիկ խցիկ:

Ըստ (14) բանաձևի՝ ζ-ի չափողականությունը (CGS միավորներով) համապատասխանաբար գ$^{1/2}$· սմ$^{1/2}$.վրկ$^{-1}$ է:

ζ-պոտենցիալը Վ-ով արտահայտելու համար վերջինիս արժեքը անհրաժեշտ է բաժանել 300-ի կամ (14)-րդ բանաձևի աջ մասը բազմապատկել 90000-ի՝

$$\zeta = \frac{4\pi\eta\omega l \cdot 300 \cdot 300}{DV} = \frac{4\pi\eta\omega l \cdot 9000}{DV} \quad (15):$$

Տեղադրելով ջրի համար η-ի և D-ի թվային արժեքները՝ համապատասխանաբար՝ 0,01 և 81, ինչպես նաև π-ի արժեքը՝ 3,14՝ կստանանք.

$$\zeta = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,01 \cdot 9000 \cdot \omega l}{81V} = \frac{140\omega l}{V} \quad (16):$$

Տեղադրելով ω–ի և E-ի արժեքները (բանաձևեր 11 և 13) (16) բանաձևի մեջ՝ կստանանք՝

$$\zeta = \frac{140S}{tE} \text{ կամ } \zeta = 140\overline{\omega} \text{ (Վ)} \quad (17):$$

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ՈՐՈՇԵԼ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՖՈՐԵՏԻԿ ՇԱՐԺՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ, Հ-ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԸ ԵՎ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԻՑՔԻ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Բուֆերացնել ֆիզիոլոգիական լուծույթը Սերենսենի բուֆերային խառնուրդով (pH 7,38)՝ 1 ծավալ բուֆերային լուծույթին ավելացնելով 9 ծավալ ֆիզիոլոգիական լուծույթ: Էրիթրոցիտների էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը որոշել այդ՝ բուֆերացված, լուծույթում:

2. Արյունը ցենտրիֆուգել 1500g արագացումով հեռացնել վերնստվածքային հեղուկը և նստվածքին ավելացնել ֆիզիոլոգիական լուծույթ, ապակյա ձողիկով խառնել և կրկին ցենտրիֆուգել նույն արագացումով:
3. Էրիթրոցիտները լվանալ երեք անգամ՝ երկու անգամ ֆիզիոլոգիական լուծույթով, իսկ երրորդ անգամ՝ բուֆերացված ֆիզիոլոգիական լուծույթով:
4. Էրիթրոցիտների նստվածքը սուսպենզել բուֆերացված ֆիզիոլոգիական լուծույթում: Ստացված կախույթից մեկ կաթիլ տեղափոխել էլեկտրաֆորետիկ խցիկի մեջ:
5. Խցիկը փակել ծածկապակիով և տեղադրել մանրադիտակի սեղանիկի վրա: Կախույթի խտությունը պետք է այնքան լինի, որ բջիջները միմյանց չխանգարեն և ազատ շարժվեն: Խտության ճիշտ ընտրությունը կարևոր է նաև էրիթրոցիտների վազքանցի դիտման համար:
6. Միացնել էլեկտրական շղթան և չափել էրիթրոցիտի շարժման արագությունը վերը նշված եղանակով:
7. Չափումները կատարել երեք նմուշներում, յուրաքանչյուրում՝ 10 էրիթրոցիտների համար: Ստացված տվյալները ենթարկել վիճակագրական մշակման:

Էրիթրոցիտների էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը և Ζ-պոտենցիալի մեծությունը հաշվարկել (12) և (17) բանաձևերով:

Ստացված տվյալների հիման վրա հնարավոր է որոշել նաև էրիթրոցիտի մակերևութային լիցքի խտությունը: Հաշվարկելու համար օգտագործել (10) բանաձևը՝ հաշվի առնելով, որ չափումները կատարվել են 0,9% $NaCl$-ի լուծույթում, և ըն-

դունելով որպես հակաիոն Na^{+}-ը, որի շառավիղը (r) հավասար է $2{,}67 \cdot 10^{-8}$ սմ:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ՈՐՈՇԵԼ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԻԶՈԷԼԵԿՏՐԻԿ ԿԵՏԸ:

Մասնիկի էլեկտրաֆորետիկ շարժունակությունը կախված է միջավայրի pH-ից: Էրիթրոցիտների էլեկտրակինետիկ հատկություններն ուսումնասիրելու համար նպատակահարմար է որոշել վերջիններիս շարժունակության կախվածությունը միջավայրի պայմաններից: Հետաքրքիր է ուսումնասիրել նշված բնութագրիչի փոփոխությունները pH-ի արժեքների լայն միջակայքում՝ 2,6; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 6,0; 7,8; 8,0:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Պատրաստել բուֆերացված ֆիզիոլոգիական լուծույթներ pH-ի նշված արժեքներով:
2. Չափել էրիթրոցիտների շարժման արագությունը տարբեր pH-ով ֆիզիոլոգիական լուծույթներում վերը նկարագրված եղանակով:
3. Յուրաքանչյուր pH-ի արժեքով ֆիզիոլոգիական լուծույթում որոշել առնվազն 10 էրիթրոցիտի շարժման արագությունը: Ստացված տվյալները ենթարկել վիճակագրական մշակման:

Գտնել pH-ի այն արժեքը, որի դեպքում էրիթրոցիտի շարժ չի դիտվում, այսինքն՝ իզոէլեկտրիկ կետերը: Գտնել նաև pH-ի այն արժեքը, որի դեպքում փոխվում է էլեկտրական դաշտում

բջիջների շարժման ուղղությունը՝ վերալիցքավորման կետերը:

Հաշվարկել ζ-պոտենցիալի արժեքները (17) բանաձևով և կառուցել pH-ից ζ-պոտենցիալի մեծության կախվածության կորը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ՈՐՈՇԵԼ ԳՐԱՄԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԲԱԿՏԵՐԻԱՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՖՈՐԵՏԻԿ ՇԱՐԺՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ζ-ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԸ:

1. Նախապես աճեցնել *E. coli* բակտերիաները գլյուկոզ պարունակող պեպտոնային միջավայրում 18-20 ժ ընթացքում 37 ^{0}C պայմաններում՝ մինչև աճման ստացիոնար փուլը:
2. Պատրաստել 3մՄ *KCl* և 1 մՄ *NaCl* պարունակող 0,2Մ տրիս բուֆերային լուծույթ, pH 8,0:
3. Բակտերիաների կախույթը տեղափոխել ցենտրիֆուգի փորձանոթների մեջ և ցենտրիֆուգել 20 ր 1500g արագացումով:
4. Վերնստվածքային հեղուկը հեռացնել: Նստվածքը պարունակում է բակտերիալ բջիջներ:
5. Նստվածքին ավելացնել բուֆերային լուծույթ, խառնել և կրկին ցենտրիֆուգել նույն պայմաններում:
6. Ստացված բակտերիաների նստվածքին ավելացնել բուֆերային լուծույթ, խառնել և ստացված կախույթի մեկ կաթիլը տեղափոխել էլեկտրաֆորետիկ խցիկի մեջ:
7. Խցիկը տեղադրել մանրադիտակի սեղանիկի վրա և ստանալ տեսադաշտում բակտերիաների հստակ պատկերը: Եթե կախույթը խիտ է, այն անհրաժեշտ է նոսրացնել նույն բուֆերային լուծույթով այնքան, որ մանրադիտակի տակ հնարավոր լինի դիտել բակտերիաների ուղղորդված ազատ

շարժումը էլեկտրական դաշտում: Բակտերիաներն օժտված են սեփական շարժունակությամբ: Բակտերիաների սեփական՝ ազատ շարժումները տարբեր ուղղություններով կարճ վազքընթացներ են, որոնք ընդմիջվում են 0,2 վրկ տևողությամբ դադարներով: Էլեկտրական դաշտում բակտերիաների ազատ շարժումը ճնշվում է. այն դառնում է կանոնավոր, ուղղորդված, գծային՝ ընթանալով մեկ ուղղությամբ:

8. Միացնել էլեկտրական շղթան և երկու հակառակ ուղղություններով չափել էլեկտրական դաշտում բակտերիաների շարժման արագությունը վերը նկարագրված եղանակով:

Շարժման արագության չափումները կատարել երեք նմուշներում, յուրաքանչյուրում՝ 10 բակտերիաների համար: Ստացված տվյալները ենթարկել վիճակագրական մշակման: Հաշվարկել բջիջների շարժունակությունը և Ζ-պոտենցիալի արժեքը (12) և (17) բանաձևերով:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ՈՐՈՇԵԼ ԽՄՈՐԱՄՆԿԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՖՈՐԵՏԻԿ ՇԱՐԺՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ Ζ-ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԸ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Պատրաստել սախարոզի բուֆերացված լուծույթ՝ սախարոզի 8 % լուծույթին ավելացնելով բուֆերային լուծույթ՝ ըստ Մաք-Իլվենի 9:1 հարաբերությամբ (ծավալ/ծավալ):
2. Խմորասնկերի ոչ մեծ քանակություն ներմուծել սախարոզի բուֆերացված լուծույթի մեջ և ապակյա ձողիկով խնամքով խառնել:

3. Ստացված կախույթից մեկ կաթիլ տեղափոխել առարկայակիր ապակու վրա և դիտել մանրադիտակի տակ. եթե կախույթը խիտ է, բջիջները խոչընդոտում են միմյանց ազատ շարժումները, ապա այն անհրաժեշտ է նոսրացնել նույն՝ բուֆերացված լուծույթով այնքան, որ ստացվի աշխատանքի համար հարմար բջիջների խտություն:
4. Խմորասնկերի ստացված կախույթից մի կաթիլ տեղափոխել էլեկտրաֆորետիկ խցիկի մեջ և վերջինս տեղադրել մանրադիտակի սեղանիկի վրա:
5. Համոզվելով, որ խմորասնկերի մեխանիկական շարժումները բացակայում են, միացնել էլեկտրական շղթան: Ընտրվող հոսանքի ուժը չպետք է գերազանցի 5 մԱ մեծությունը:
6. Չափել էլեկտրական դաշտում բջիջների շարժման արագությունը վերը նկարագրված եղանակով:

Հաշվարկել բջիջների շարժունակությունը և Ζ-պոտենցիալի արժեքը (12) և (17) բանաձևերով:

13. ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Էլեկտրահաղորդականությունը կենդանի համակարգերի պասիվ էլեկտրական հատկություններից է: Քանի որ նման համակարգերում էլեկտրահաղորդականությունը տվյալ պայմաններում հաստատուն մեծություն է, այն օգտագործում են համակարգի կառուցվածքի ուսումնասիրման և ֆունկցիոնալ վիճակի բնութագրման համար: Հայտնի է, որ էլեկտրահաղորդականությունը դիմադրության հակառակ մեծություն է՝

$$G = \frac{1}{R} \qquad (1),$$

որտեղ G-ն էլեկտրահաղորդականությունն է,

R -ը՝ դիմադրությունը:

Համակարգի դիմադրությունը հաստատուն հոսանքին որոշվում է Օհմի օրենքով՝

$$V = IR,$$

որտեղից՝

$$R = \frac{I}{V} \qquad (2),$$

որտեղ I - ն հոսանքի ուժն է,

V -ն՝ լարումը:

Կենսաբանական օբյեկտների հետ աշխատելիս ընդունված է որոշել դիմադրությունը հետևյալ բանաձևով՝

$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad (3),$$

որտեղ՝ ρ-ն տեսակարար դիմադրությունն է, օհմ·սմ,

l-ը՝ հաղորդիչի երկարությունը՝ էլեկտրոդների միջև եղած հեռավորությունը, սմ,

S-ը՝հաղորդիչի տրամագիծը՝ էլեկտրոդների մակերեսը, սմ^2:

Այդ բնութագրիչի չափումները ցույց են տվել, որ դիմադրությունը կախված է հոսանքի ուժից և դրա ներգործության տևողությունից. որքան երկար ժամանակ է ծախսվում չափումների համար, և որքան մեծ է հոսանքի ուժը, այնքան մեծ է հետազոտվող օբյեկտի դիմադրությունը:

Բուսական և կենդանական բջիջների և հյուսվածքների տեսակարար դիմադրությունը հաստատուն հոսանքի ազդեցության տակ գտնվում է 10^6-10^7օհմ·սմ միջակայքում, հետևաբար դրանք պետք է դասվեն կիսահաղորդիչներին:

Նյութի էլեկտրական դիմադրության մեծությունը որոշվում է տեղաշարժման ընդունակ լիցքերի քանակությամբ: Կենսաբանական համակարգերում էլեկտրական հոսանքի հաղորդումն իրականանում է հիմնականում իոնների տեղաշարժման միջոցով (հաղորդման էլեկտրալիտիկ մեխանիզմ): Որոշ կենդանի հյուսվածքներում, օրինակ՝ նյարդային հյուսվածքում, չի բացառվում նաև էլեկտրական հոսանքի հաղորդման էլեկտրոնային մեխանիզմը:

Կենսաբանական օբյեկտներով հաստատուն հոսանքի անցկացման ժամանակ վերջինիս ուժը հաստատուն չի մնում. այն աստիճանաբար նվազում է և հաստատվում է մի մակարդակի վրա, որը շատ անգամ ցածր է հոսանքի ելակետային ուժից: Դա բացատրվում է նրանով, որ հաստատուն հոսանքի ազդեցության տակ կենսաբանական համակարգերում տեղի է ունենում իոնների տեղաշարժ, որի արդյունքում վերջիններս կուտակվում են էլեկտրոդների մոտ՝ էլեկտրոդ-համակարգ սահմանագծում:

Էլեկտրոդների մոտ հակառակ նշանի լիցք ունեցող իոնների կուտակման հետևանքով կենսաբանական համակարգում առաջանում է **էլեկտրաշարժիչ ուժ** (ԷԼՇՈՒ), որն ունի տրված լարման ուղղությանը հակառակ ուղղություն: Այս հանդիպակած (երկրորդային) էլեկտրաշարժիչ ուժը կարելի է հեշտությամբ հայտնաբերել, եթե էլեկտրոդներն անջատվեն օբյեկտին հաղորդվող լարման աղբյուրից և արագ միացվեն գալվանոմետրին. վերջինս գրանցում է հակառակ ուղղության

հոսանք, որը ժամանակի ընթացքում կնվազի, եթե լարում չտրվի: Դա վկայում է այն մասին, որ կենսաբանական համակարգերն օժտված են բևեռացվելու ունակությամբ: Բևեռացման հետևանքով առաջացած էլեկտրաշարժիչ ուժը նվազեցնում է տրվող էլեկտրական դաշտի մեծությունը, և արդյունքում համակարգի դիմադրությունը մեծանում է: Երկրորդային ԷԼՇՈՒ-ի առաջացումը ստեղծում է այն տպավորությունը, որ կենդանի համակարգերի համար Օհմի օրենքը չի գործում: Սակայն, եթե տրված լարման արժեքից հանենք երկրորդային ԷԼՇՈՒ-ի արժեքը, ապա Օհմի օրենքը լիովին կիրառելի է դառնում կենսաբանական օբյեկտների համար: Այս դեպքում Օհմի օրենքը կընդունի հետևյալ տեսք

$$I = \frac{V - P(t)}{R} \qquad (4),$$

որտեղ $P(t)$- ն ժամանակի ֆունկցիան է (երկրորդային ԷԼՇՈՒ-ը չափման տվյալ պահին),

R - ը՝ դիմադրությունը:

Եթե կենսաբանական օբյեկտները ենթարկվեին Օհմի օրենքին, ապա գրաֆիկի վրա կորը կունենար ուղիղ գծի տեսք **(նկ. 1ա):** Սակայն պարզվել է, որ կենդանի հյուսվածքներով հաստատուն հոսանքի անցկացման դեպքում հոսանքի ուժը ժամանակի ընթացքում բևեռացման հետևանքով անընդհատ փոքրանում է **(նկ. 1բ):** Ուստի, այդպիսի համակարգերը բնութագրելու համար որոշում են դրանց տեսակարար դիմադրությունը՝ ձևափոխելով (3) բանաձևը հետևյալ կերպ՝

$$\rho = \frac{\Delta RS}{l} \qquad (5),$$

որտեղ ρ-ն տեսակարար դիմադրությունն է, օհմ·մ,

ΔR-ը՝ t_1 և t_2 ժամանակներում (2) բանաձևով հաշվարկված դիմադրությունների տարբերությունը:

Ինչպես վերը նշվեց, կենսաբանական օբյեկտների դիմադրության որոշումը հաստատուն հոսանքի ներդրման դեպքում խիստ դժվարեցված է այդ գործոնի ազդեցության տակ առաջացող բևեռացման պատճառով: Ուստի բևեռացումը նվազեցնելու համար առաջարկվում է օգտագործել էլեկտրական փոփոխական հոսանք:

Էլեկտրահաղորդականության չափումները արագ՝ կարճ ժամանակահատվածում կատարելու դեպքում բևեռացման հետևանքով առաջացող էլեկտրաշարժիչ ուժը չի հասնում իր առավելագույն արժեքներին: Որքան փոքր է այդ ժամանակահատվածը, այնքան թույլ են բևեռացումը և վերջինիս ազդեցությունը բաժանման սահմանագծում:

Փոփոխական հոսանքը թույլ է տալիս ստանալ ավելի լիարժեք տեղեկություններ կենսաբանական համակարգերի էլեկտրական հատկությունների վերաբերյալ:

Էլեկտրաքիմիայից հայտնի է, որ փոփոխական էլեկտրական հոսանքի հաղորդման ժամանակ համակարգի ընդհանուր դիմադրությունը գումարվում է ակտիվ ու ռեակտիվ դիմադրություններից: Ակտիվ (օհմական) դիմադրությունը որոշվում է համակարգում ազատ լիցքակիրների շարժումով, որոնց կինետիկ էներգիան մեծանում է էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվին: Ակտիվ դիմադրության որոշման ժամանակ լարման և հոսանքի ուժի մեծությունները փոփոխվում են

միաժամանակ. լարման մեծացմանը զուգընթաց մեծանում է նաև հոսանքի ուժը: Ռեակտիվ (ունակային) դիմադրությունը որոշվում է էլեկտրական դաշտի կապված լիցքերի հետ փոխազդեցությամբ, երբ կապված լիցքերը, հնարավորություն չունենալով ազատ տեղաշարժվել էլեկտրական դաշտում, կողմնորոշվում են փոփոխական դաշտի ուժային գծերի ուղղությամբ:

Կենսաբանական օբյեկտների էլեկտրահաղորդականությունը նույնպես որոշվում է ազատ և կապված լիցքերի հետ էլեկտրական դաշտի փոխազդեցությամբ: Էլեկտրահաղորդականությունը հաստատուն հոսանքի ներգործության դեպքում որոշվում է ազատ լիցքերով, իսկ փոփոխական հոսանքի ներգործության դեպքում էական նշանակություն ունեն և՛ ազատ, և՛ կապված լիցքերը: Այդ լիցքերի ներդրման չափը համակարգի ընդհանուր էլեկտրահաղորդականության մեջ կախված է ներգործող հոսանքի հաճախականությունից:

Կենսաբանական օբյեկտում գոյություն ունեն հսկայական թվով սահմանագծեր՝ հիմնականում թաղանթների հաշվին, որոնք հարաբերականորեն վատ են անցկացնում էլեկտրական հոսանքը, այսինքն՝ օժտված են բարձր դիմադրությամբ: Թաղանթի ակտիվ դիմադրությունը որոշվում է այն իոններով, որոնք էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ հարաբերականորեն ազատ են անցնում վերջինիս միջով, մինչդեռ ունակային դիմադրությունը պայմանավորված է կապված իոններով, որոնց համար թաղանթն անթափանցելի է: Դրանով է բացատրվում բջիջների բարձր դիմադրությունը հաստատուն հոսանքին:

Կենսաբանական համակարգերի էլեկտրական հատկությունների բնութագրման համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել

երկու մեծություն՝ օհմական և ունակային դիմադրություններ-ը: Կենդանի բջիջների և հյուսվածքների դիմադրությունը որոշվում է որպես օհմական և ունակային դիմադրությունների գումար:

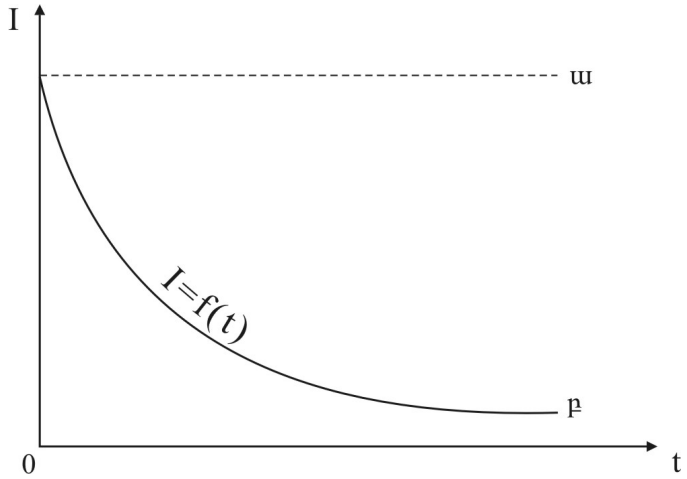
Օհմական և ունակային դիմադրությունների գումարը՝ ընդհանուր դրմադրությունը, կոչվում է *իմպեդանս* և որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Z = R + X_C \qquad (6):$$

որտեղ Z - ը իմպեդանսն է,

R -ը՝ ակտիվ դիմադրությունը,

X_C -ը՝ ռեակտիվ դիմադրությունը:



Նկ. 1 Հոսանքի ուժի (I) փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում (t) հյուսվածքի վրա հաստատուն հոսանքի ներգործության պայմաններում.
ա – հոսանքի ուժը բևեռացման բացակայության դեպքում,
բ – հոսանքի ուժը բևեռացման առկայության դեպքում:

Օհմական դիմադրությունը գրեթե կախված չէ հոսանքի հաճախականությունից: Ունակային դիմադրությունը, հակառակը, կախված է էլեկտրական հոսանքի հաճախականությունից և վերջինիս բարձրացմանը զուգընթաց նվազում է: Քանի որ էլեկտրահաղորդականությունը, ըստ (1) բանաձևի դիմադրության, հակառակ մեծություն է, ապա հոսանքի հաճախականության բարձրացման և դիմադրության նվազման արդյունքում էլեկտրահաղորդականությունը համակարգում բարձրանում է, և տեղի է ունենում *էլեկտրահաղորդականության դիսպերսում* (տարաբաժանում): Կենսաբանական համակարգերում *էլեկտրահաղորդականության դիսպերսումը* սահմանափակ է մինչև որոշակի առավելագույն արժեքը:

Ինչպես հաստատուն հոսանքի, այնպես էլ ցածր հաճախականությամբ էլեկտրական հոսանքի ներգործության դեպքում կենդանի համակարգի դիմադրությունը կապված է բևեռացման հետ. հաճախականության բարձրացման դեպքում բևեռացման երևույթները նվազում և, ի վերջո, լրիվ անհետանում են:

Հարկ է նշել, որ էլեկտրահաղորդականության դիսպերսումը և բևեռացումը բնորոշ են միայն կենդանի հյուսվածքներին և բջիջներին: Էլեկտրահաղորդականության դիսպերսումը դիտվում է 10^2-10^8 Հց միջակայքում:

Հյուսվածքների մահացման ժամանակ բևեռացումը վերանում է: Այդ փաստը հնարավորություն է տալիս օգտագործելու տվյալ բնութագրիչը հյուսվածքների կենսունակության և ֆունկցիոնալ վիճակի գնահատման համար: Բ. Ն. Տարուսովը առաջարկել է հյուսվածքների կենսունակության գնահատման պարզ եղանակ, որը հիմնված է փոփոխական հոսանքի երկու՝ ցածր (10^4) և բարձր (10^6-10^7), հաճախականությունների դեպ-

քում՝ կենսաբանական օբյեկտների դիմադրության չափման վրա: Ցածր և բարձր հաճախականությունների դեպքում որոշված դիմադրությունների (համապատասխանաբար R_1 և R_2) արժեքների հարաբերությունը կոչվում է *բևեռացման գործակից՝ K*

$$K = \frac{R_1}{R_2} \qquad (7):$$

Էվոլյուցիոն զարգացման տարբեր մակարդակների վրա գտնվող օրգանիզմների բջիջների և հյուսվածքների համար բևեռացման գործակիցը որոշակի հաստատուն մեծություն է և տատանվում է 2-10-ի սահմաններում: Հյուսվածքի մահացման ժամանակ այն նվազում է՝ մոտենալով 1-ի: Ըստ K-ի արժեքի նվազման աստիճանի՝ կարելի է դատել հյուսվածքների կենսունակության և բջիջների թափանցելիության մասին. որքան փոքր է բևեռացման գործակիցը, այնքան վատ են կենսաբանական օբյեկտի ֆունկցիոնալ վիճակը և բարձր թափանցելիությունը:

Բջիջների դիմադրությունը կախույթում հաշվարկվում է Մաքսվելլի բանաձևով, որում հաշվի է առնվում բջիջների ծավալը՝

$$\frac{\frac{R_1}{R} - 1}{\frac{R_1}{R} + 2} = \rho \frac{\frac{R_1}{R_2} - 1}{\frac{R_1}{R_2} + 2},$$

որտեղ R-ը կախույթի դիմադրությունն է,

R_1-ը՝ դիսպերս միջավայրի տեսակարար դիմադրությունը,

R_2 -ը՝ բջիջների տեսակարար դիմադրությունը,

ρ-ն՝ դիսպերս ֆազի հարաբերական ծավալը:

Կենսաբանական օբյեկտների դիմադրության չափման ժամանակ անհրաժեշտ է պահպանել որոշ պայմաններ.

1) օբյեկտը պետք է լինի չվնասված,

2) գործադրվող հոսանքը չպետք է վնասի հետազոտվող օբյեկտը, ուստի այն պետք է տրվի հնարավոր նվազագույն լարումով, և չափումներն անհրաժեշտ է կատարել արագ,

3) չափումների համար անհրաժեշտ է օգտագործել պլատինե էլեկտրոդներ,

4) էլեկտրոդների չափսերը և խցիկում հեռավորությունը էական են, քանի որ հետազոտվող հյուսվածքներն ունեն որոշակի երկրաչափական ձև և չափ,

5) խցիկի մեջ, որում կատարվում են չափումները, անհրաժեշտ է պահպանել բնականոն խոնավություն, և այն պետք է պատրաստված լինի կենսաբանական օբյեկտը չվնասող և լավ մեկուսիչ հանդիսացող նյութից,

6) հետազոտվող օբյեկտը պետք է լինի ամրացված,

7) պետք է բացառվի հոսանքի հաղորդումը ֆիզիոլոգիական լուծույթով,

Կենսաֆիզիկական հետազոտություններում էլեկտրահաղորդականության որոշման մեթոդը օգտագործում են բջջաթաղանթների ֆիզիկաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրման նպատակով: Ըստ այդ բնութագրիչի՝ կարելի է դատել վերջիններիս կառուցվածքային փոփոխությունների մասին, որոնց արդյունքում փոխվում են ամբողջական համակարգի հատկությունները, մասնավորապես կարելի է գնահատել բջջաթաղանթների թափանցելիությունը:

Կենդանի կենսաբանական համակարգերում էլեկտրական հոսանքի հաղորդումը ֆիզիոլոգիական վիճակի փոփոխման, ինչպես նաև հիվանդագին վերափոխումների ժամանակ փոխվում է: Դա հիմք է ծառայում, որ էլեկտրահաղորդականության որոշման մեթոդը կիրառվի բժշկության մեջ տարբեր հիվանդագին վիճակների գնահատման նպատակով:

Էլեկտրական հոսանքին կենդանի օբյեկտների դիմադրությունը կարելի է ուսումնասիրել տարբեր մեթոդներով: Հիմնականում օգտագործում են վոլտամպերային բնութագրի և կամրջային սխեմաների մեթոդները:

ԳՈՐԾԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ
ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Հաստատուն հոսանքի աղբյուր, բանալի, պոտենցիոմետր, վոլտմետր, միլիամպերմետր, պլատինե էլեկտրոդներով չափման խցիկ (էլեկտրոդների տրամագիծը՝ 5մմ, դրանց միջև հեռավորությունը՝ 4մմ), պատրաստուկային գործիքներ, գորտեր, բույսեր:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 1. ԿԵՆԴԱՆԱԿԱՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎՈԼՏԱՄՊԵՐԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Հավաքել էլեկտրական շղթա՝ ըստ սխեմայի **(նկ. 2):** Անշարժացնել գորտը, ամրացնել խցանը պատվանդանին, առանձնացնել ձկնանման մկանը, լյարդը, սիրտը և մաշկը:

2. Հետազոտվող կենսաբանական նմուշը տեղադրել չափման խցիկի մեջ այնպես, որ հյուսվածքի կտորը ամբողջությամբ ծածկի երկու էլեկտրոդների մակերեսները: Բանալիով փակել էլեկտրական շղթան և պոտենցիոմետրի օգնությամբ փոխելով լարման արժեքները՝ գրանցել հոսանքի ուժի արժեքները՝ միլիամպերմետրի ցուցմունքները: Չափումները կատարել լարման հետևյալ արժեքների դեպքում՝ 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5Վ, 2,0Վ:
3. Լարման նշված առավելագույն արժեքը չպետք է գերազանցվի, քանի որ լարման մեծ արժեքների դեպքում էլեկտրական հոսանքի ազդեցության տակ հյուսվածքը կվնասվի: Ուստի վնասվածքներից խուսափելու համար անհրաժեշտ է հատուկ ուշադրություն դարձնել շղթայում լարման և հոսանքի ուժի արժեքիներին՝ հետևել, որ դրանք ժամանակի ընթացքում չփոխվեն:
4. Լարման յուրաքանչյուր արժեքի դեպքում հոսանքի ուժը չափել շղթան փակելուց անմիջապես, ապա՝ 30 և 60 վրկ հետո: Լարումը շղթայում բարձրացնել աստիճանաբար՝ ցածրից դեպի բարձր:
5. Ստացված տվյալները ներկայացնել աղյուսակի (աղ.1) և կորերի տեսքով: Կորերը կառուցելու համար աբսցիսի առանցքի վրա տեղադրել լարման արժեքները, օրդինատի վրա՝ հոսանքի ուժինը:

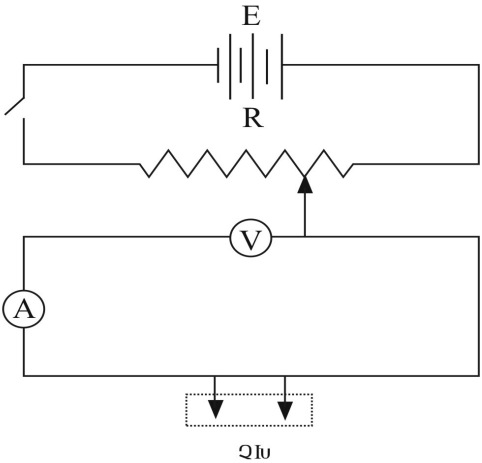
ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 2. ԲՈՒՍԱԿԱՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎՈԼՏԱՄՊԵՐԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Առաջարկվող եղանակով կարելի է որոշել նաև բուսական հյուսվածքների էլեկտրահաղորդականությունը: Քանի որ բու-

սական հյուսվածքներն ունեն ուրույն կառուցվածք և կատարում են յուրահատուկ ֆունկցիաներ, էլեկտրահաղորդականությունը կարող է հանդիսանալ դրանց ֆունկցիոնալ վիճակը բնորոշող բնութագրիչ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Բույսերի հետ աշխատելիս վերցնել բույսի առանձին օրգանները՝ ցողուն, տերև, արմատ: Որոշել դրանց էլեկտրահաղորդականությունը և համեմատել ստացված տվալները այդ օրգանների կատարած ֆունկցիաների հետ լույսի ներքո:
2. Ֆունկցիոնալ վիճակի և էլեկտրահաղորդակության միջև հնարավոր կապի բացահայտման նպատակով որոշել առնվազն 1 ժ մութ պայմաններում պահված բույսի տերևների էլեկտրահաղորդականությունը և համեմատել լուսային պայմաններում պահված բույսի տերևների այդ բնութագրիչի հետ:
3. Այդ նպատակով վերցնել երկու միանման բույս և տեղադրել մութ պահարանում, 1 ժ հետո բույսերից մեկը տեղափոխել լուսային պայմաններ, մյուսը՝ թողնել մութ պահարանում:
4. Լուսային պայմաններ տեղափոխված բույսից անմիջապես տեղափոխելուց հետո վերցնել մեկ տերև և ստանալ դրա վոլտամպերային բութագիրը: Այնուհետև յուրաքանչյուր 15 րոպե մեկ մութ և լույս պայմաններում պահված բույսերից վերցնել մեկական տերև ու ստանալ վերջիններիս վոլտամպերային բնութագիրը առաջ. 1-ում նկարագրված եղանակով:



Նկ. 2 Կենսաբանական օբյեկտների վրա հաստատուն հոսանքի ազդեցության էլեկտրական սխեման.
E – հաստատուն հոսանքի աղբյուր,
R – ռոստենցիոմետր, V – վոլտմետր,
A – միլիամպերմետր, ՉԽ – չափող խցիկ:

Ստացված տվյալների հիման վրա կառուցել վոլտամպերային կախվածության կորեր վերը նկարագրված եղանակով և անել եզրակացություն:

Աղյուսակ 1
Ժամանակի ընթացքում հոսանքի ուժի փոփոխությունը լարման տարբեր արժեքների դեպքում

Լարում, Վ	Հոսանքի ուժ, I								
	Լյարդ			*Սկան*			*Մաշկ*		
	0 վրկ	*30 վրկ*	*60 վրկ*	*0 վրկ*	*30 վրկ*	*60 վրկ*	*0վրկ*	*30 վրկ*	*60վրկ*
0,1									
0,3									

0,5									
1,0									
1,5									

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 3. ԿԵՆԴԱՆԻ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Գորտի տարբեր հյուսվածքների դիմադրությունը որոշելու համար հետազոտվող հյուսվածքը տեղադրել չափման խցիկում:
2. Շղթայում պոտենցիոմետրի բռնակի օգնությամբ հաստատել 0,5 Վ լարում և միլիամպերմետրի օգնությամբ չափել հոսանքի ուժի մեծությունը շղթան փակելուց հետո և մեկ րոպե անց:
3. Ստացված տվյալների հիման վրա (5) բանաձևով հաշվարկել տեսակարար դիմադրությունը:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 4. ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Կենսաբանական համակարգերի փոփոխական հոսանքի ներգործության ներքո էլեկտրական բնութագրիչների ուսումնասիրման և ստացված տվյալների վերլուծության համար անհրաժեշտ է օբյեկտը ներկայացնել համարժեք (էկվիվալենտ) սխեմայի տեսքով: Քանի որ կենդանի հյուսվածքի դիմադրությունը գումարվում է մեծ թվով միմյանց միացած օհմական և ունակային դիմադրություններից, ապա կենսաբա-

նական օբյեկտի էլեկտրական մոդելը ներկայացվում է դիմադրությունների և ունակությունների տարբեր համակցությունների տեսքով: Առավել պարզ մոդելներն են ակտիվ դիմադրության (R) և ունակության (C) հաջորդական և զուգահեռ միացումներով սխեմաները:

Նկ. 3-ում ներկայացված են պարզագույն համարժեք սխեմաները:

Նկ. 4-ում ներկայացված է կենսաբանական համակարգի համարժեք սխեման, որը թույլ է տալիս որոշել վերջինիս դիմադրությունը փոփոխական հոսանքի ներգործության դեպքում:

Հայտնի է, որ փոփոխական հոսաքնի ներգործության պայմաններում ցանկացած համակարգի բնութագրման համար անհրաժեշտ է իմանալ ընդհանուր դիմադրության՝ իմպեդանսի արժեքը, որը որոշվում է (6) բանաձևով: Քանի որ ունակության (ռեակտիվ) դիմադրությունը որոշվում է ոչ միայն դրա ունակության արժեքով, այլ նաև հոսանքի հաճախականությամբ, վերջինս հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot c} \qquad (8),$$

որտեղ ω-ն հոսանքի հաճախականությունն է,

c-ն՝ ունակությունը:

Հետևաբար՝

$$Z = R + \frac{1}{i\omega \cdot c} \qquad (9),$$

որտեղ i-ն կարծեցյալ մեկ է, $i = \sqrt{-1}$, որը ցույց է տալիս, որ ռեակտիվ դիմադրությունում հոսանքը և լարումը շեղված են, ըստ ֆազի, 90°-ով:

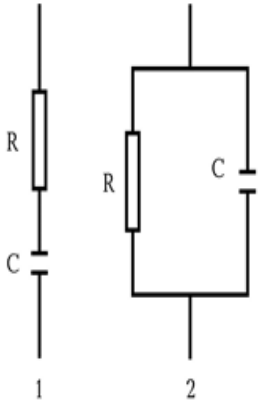
Ավելի հաճախ կենսաբանական համակարգի իմպեդանսը չափվում է դիմադրության և ունակության զուգահեռ միացմամբ համարժեք սխեմաների միջոցով: Զուգահեռ սխեմայի համար ընդհանուր դիմադրությունը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Z = \frac{R}{1 + i\omega \cdot c \cdot R} \qquad (10):$$

Հեղինակների մեծ մասը ենթադրում են, որ զուգահեռ միացումը ավելի համարժեք է տարակազմ կենսաբանական համակարգերին:

Փոփոխական հոսանքի ազդեցության տակ կենսաբանական համակարգի էլեկտրահաղորդականության չափման համար առավել հաճախ կիրառվում է կամրջային սխեմաների եղանակը:

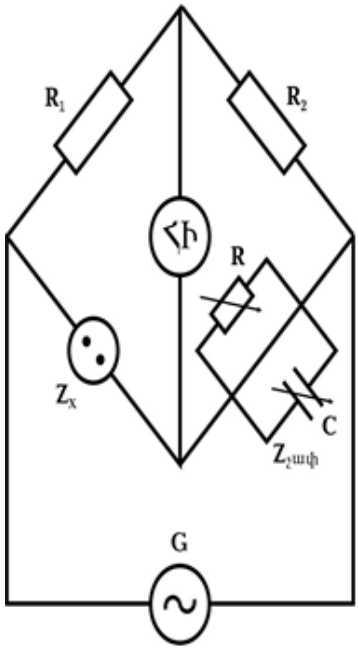
Չափող կամուրջը հաստատուն կամ փոփոխական հոսանքի ճյուղավորված շղթա է, որում մի տեղամասի (ուսի) անհայտ դիմադրությունը որոշվում է մնացած ուսերի հայտնի դիմադրություններով: Փոփոխական հոսանքի կամրջային սարքը բաղկացած է փոփոխական հոսանքի աղբյուրից, բուն կամրջից և հաշվեկշռության ինդիկատորից: Գործնականում հաճախ օգտագործում են քառաուս կամուրջներ **(նկ. 4):**



Նկ. 3. Կենսաբանական օբյեկտի պարզագույն համարժեք էլեկտրական սխեմաները.

1. R –ի և C-ի հաջորդական միացում

2. R –ի և C-ի զուգահեռ միացում:



Նկ. 4. Կենսաբանական օբյեկտի դիմադրությունը չափող փոփոխական հոսանքի համաչափ կամրջի սխեման.

R_1 և R_2 – հաստատուն ռեզիստորներ՝ նույն բնութագրիչներով, R_x – չափվող իմպեդանս, $Z_{չափ}$ – չափող իմպեդանս (զուգահեռ միացված ակտիվ փոփոխական դիմադրություն և փոփոխական ունակություն), G – փոփոխական հոսանքի աղբյուր, ՀԻ – հաշվեկշռության ինդիկատոր:

Չափող կամուրջը հաստատուն կամ փոփոխական հոսանքի ճյուղավորված շղթա է, որում մի տեղամասի (ուսի) անհայտ դիմադրությունը որոշվում է մնացած ուսերի հայտնի դիմադրություններով: Փոփոխական հոսանքի կամրջային սարքը բաղկացած է՝ փոփոխական հոսանքի աղբյուրից, բուն կամրջից և հաշվեկշռության ինդիկատորից: Գործնականում հաճախ օգտագործում են քառաուս կամուրջներ **(նկ. 4):** Նման կամուրջներում ուսերի դիմադրությունների միջև հարաբերությունը կլինի՝

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \qquad (11):$$

R_1 և R_2-ը կամուրջի լրացուցիչ (օժանդակ) ուսերի հայտնի դիմադրություններն են՝ հաստատուն ռեզիստորներ նույն բնութագրիչներով: Կամուրջի չափող ուսը բաղկացած է զուգահեռ միացված ունակությունից և ակտիվ դիմադրությունից, որը ինչպես վերը նշվեց, կենսաբանական օբյեկտի համարժեք (համակշռող) սխեման է:

Եթե նման փոփոխական հոսանքի քառաուս կամուրջի յուրաքանչյուր ուսի ընդհանուր դիմադրությունը նշանակենք Z, Z_1, Z_2, Z_x (նկ. 4, Z -ը չափող իմպեդանսն է՝ $Z_{չափ}$), ապա ինչպես (11) բանաձևում, հակադիր ուսերի իմպեդանսների արտադրյալները հավասար կլինեն միմյանց՝

$$Z_1 \cdot Z = Z_2 \cdot Z_x \qquad (12):$$

Այն դեպքում, երբ հոսանքը հավասարակշռային ինդիկատորով (կամուրջի անկյունագծով) չի անցնում, կամուրջը հավասարակշռված է: Դա կամուրջի հավասարակշռման պայմանն է: (12) բանաձևից կարելի է հաշվարկել չափվող իմպեդանսը՝ Z_x-ը՝

$$Z_x = \frac{Z \cdot Z_1}{Z_2} \qquad (13):$$

Առավել զգայուն են համաչափ կամուրջները, որոնք յուրաքանչյուր ճյուղում ունեն հավասար ուսեր, այսինքն՝ $Z_1 = Z_2$: Այս դեպքում՝

$$Z_x = Z \qquad (14):$$

(14) բանաձևից հետևում է, որ կամուրջի հավասարակշռվածության պահին չափվող իմպեդանսի մեծությունը հավասար է չափող (փոփոխվող) իմպեդանսի արժեքին: Ուստի հաշվի առնելով, որ կամրջային սխեմայի չափող ուսը բաղկացած է զուգահեռ միացված ունակությունից և ակտիվ դիմադրությունից, կարելի է հաշվարկել այդ ուսի իմպեդանսը կամուրջի հավասարակշռվածության պահին և ըստ այնմ՝ դատել հետազոտվող կենսաբանական օբյեկտի ընդհանուր դիմադրության մասին:

Եթե կենսաբանական օբյեկտի ակտիվ դիմադրությունը նշանակենք R_x ,իսկ ունակությունը՝ C_x, ապա կամուրջի հավասարակշռվածության պահին՝

$$R_x = R_{\text{չափ}} \text{ և } C_x = C_{\text{չափ}}:$$

Այսպիսով, հետազոտվող օբյեկտի օհմական և ունակային դիմադրությունները որոշում են ըստ կամուրջի չափող ուսի հայտնի դիմադրության և ունակության:

Եթե կենսաբանական օբյեկտը ներկայացվում է հաջորդական միացմամբ համարժեք սխեմայի տեսքով, ապա չափող ուսը պետք է բաղկացած լինի հաջորդաբար միացված դիմադրությունից և ունակությունից:

Դիմադրության չափման համար կարելի է օգտագործել ինչպես գործարանային արտադրության, այնպես էլ ինքնաշեն կամուրջներ: Գործարանային արտադրության կամուրջներից՝ МПП-300, УМ-3, Р-568: Որպես փոփոխական հոսանքի աղբյուր օգտագործում են տարբեր տիպի գեներատորներ՝ ցածր հաճախականության (ЗГ-2, ЗГ-3, ЗГ-4, ЗГ-10), լայնամիջակայքային (ЗГ-12), բարձր հաճախականության (Г4-18, ГСС-6) և նույնատիպ այլ գեներատորներ: Քառաուս կամուրջի չափող ուսում զուգահեռ միացնում են դիմադրություններ (Р-14, КСМ-6, МСРБ-48, Р-517) և ունակություններ (МЕ-3, МЕ-6) կամ այլ մակնիշի դրանց նմանները: Որպես հաշվեկշռության ինդիկատոր (զրո-սարք) օգտագործում են փոփոխական հոսանքի գալվանոմետրներ, տարբեր տիպի լամպային վոլտմետրներ, էլեկտրոնային օսցիլոգրաֆներ: Վերջիններիս ցածր զգայունության դեպքում անհրաժեշտ է օգտագործել 100-ից ոչ պակաս ուժեղացման գործակցով լրացուցիչ ուժեղացուցիչ: Չափվող ուսին միացնում են հատուկ խցիկ, որի էլեկտրոդների վրա ամրացնում են հետազոտվող կենսաբանական օբյեկտը:

Անհրաժեշտ պարագաներ և սարքեր: Փոփոխական հոսանքի կամուրջ՝ МПП-300, Р-568, УМ-3, կամ ինքնաշեն կամուրջ, դիմադրությունների հավաքածու՝ МСРБ-48 կամ Р-517, 1 կօհմ, 2 կօհմ և 10 կօհմ մեծությամբ դիմադրություններ, հաստատուն ռեզիստորներ՝ УЛИ-0,5 տիպի, ունակությունների հավաքածու МЕ-3 կամ МЕ-6, 0,001մկֆ, 0,01մկֆ և 0,05մկֆ մեծությամբ ունակություններ, 100 0պֆ ունակությամբ օդային կոնդենսատոր, փոփոխական հոսանքի գեներատոր՝ ЗГ-2, ЗГ-3, ЗГ-4, ЗГ-10, ЗГ -12, Г4-18 կամ ГСС-6, գալվանոմետր՝ М91/А գերմանիումային ուղղիչով, կամ օսցիլոգրաֆ՝ ЭО-6, ЭО-7, С1-

1 կամ C1-5 (վերջին երկու տիպի օսցիլոգրաֆներից որևէ մեկի օգտագործման դեպքում անհրաժեշտ է նաև ուժեղացուցիչ), կամ (օսցիլոգրաֆի փոխարեն) տարբեր տիպի լամպային վոլտմետրներ, լարեր, խցիկ՝ էլեկտրոդներով, ջերմաչափ՝ 0-100°C սանդղակով, Ռինգերի լուծույթ, ջրային բաղնիք, պատրաստուկային գործիքների հավաքածու, գորտեր, սպիտակ մկներ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Տարբեր հյուսվածքների դիմադրության որոշման համար հավաքել սարք կամրջավոր սխեմայի սկզբունքով (նկ. 3)՝ օգտագործելով լաբորատորիայի տվյալ խնդրին համապատասխանող հնարավորությունները:
2. Չափումներին անցնելուց առաջ անհրաժեշտ է տրամաչափել կամուրջը: Տրամաչափումը կատարել ակտիվ դիմադրություններով՝ օգտագործելով УЛИ-0,5 տիպի հաստատուն ռեզիստորներ: Որոշել տարբեր ակտիվ դիմադրությունների (100, 250, 500, 1000 և 1500 օհմ) առկայության պայմաններում կամուրջի ցուցմունքների կախվածությունը փոփոխական հոսանքի հաճախականությունից (200 Հց, 500 Հց, 1,0; 2,0; 4,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 80,0; 150,0 և 200,0կ Հց):
3. Հաշվարկել դիմադրությունների գրանցված և իրական արժեքների հարաբերությունները: Այն չպետք է գերազանցի մի քանի տոկոսը: Ստացված մեծությունը օգտագործվում է որպես և՛ ակտիվ դիմադրության, և՛ ունակության չափման արդյունքների ուղղիչ: Եթե ուղղիչ գործակցի մեծությունը զգալիորեն փոխվում է հոսանքի տարբեր հաճախականությունների դեպքում, ապա հնարավոր չէ ստանալ չափումների բարձր ճշգրտություն:

4. Կարելի է աշխատել նաև առանց կամուրջի տրամաչափման: Այս դեպքում չափվող, այսինքն՝ կենսաբանական օբյեկտի էլեկտրական բնութագրիչների չափման համար նախատեսված ուսի մեջ զուգահեռ միացնել հայտնի ունակություն (0,05մկֆ) և դիմադրություն (10 կօհմ): Չափող ուսում հաջորդաբար փոխել դիմադրությունը և ունակությունը՝ ձգտելով հավասարակշռել կամուրջը ($R_x = R_{չափ}$ և $C_x = C_{չափ}$): Այս գործողությունները կատարել գեներատորից կամուրջին տրվող լարման նվազագույն (200մՎ) և առավելագույն (1Վ) արժեքների դեպքում: Եթե կամուրջը լավ է աշխատում, այսինքն՝ հավասարակշռված է, ապա կարելի է անցնել կենսաբանական օբյեկտի էլեկտրական բնութագրիչների որոշմանը: Չափումները անհրաժեշտ է կատարել 12-15-ից ոչ պակաս հաճախականությունների դեպքում: Հաճախականությունների արժեքների մեծ քանակության կիրառումը թույլ է տալիս ստանալ լիակատար պատկերացում հետազոտվող օբյեկտի էլեկտրահաղորդականության դիսպերսիայի մասին:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 5. ԳՈՐՏԻ ՁԿՆԱՆՄԱՆ ՄԿԱՆԻ **ԵՎ** ՄԱՇԿԻ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԴԻՍՊԵՐՍՄԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Գորտը անշարժեցնել և առանձնացնել ձկնանման մկանը և մաշկի կտոր: Մաշկի կտորը լվանալ լորձից Ռինգերի լուծույթով:

Հյուսվածն ամրացնել չափող խցիկի էլեկտրոդների վրա և վերջինս միացնել չափվող ուսին:

2. Չափել մկանի ակտիվ դիմադրությունը և ունակությունը հետևյալ հաճախականությունների վրա՝ 50, 100, 300, 500 Հց, 3, 6, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200 կՀց: Չափումները նույն տրված պայմաններում կատարել մաշկի համար:
3. Ստացված արդյունքները ներկայացնել գրաֆիկների տեսքով՝ օրդինատների առանցքի վրա տեղադրելով դիմադրության և ունակության արժեքները (առանձին), աբսցիսների առանցներին՝ հաճախականությունների լոգարիթմները:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 6. ԳՈՐՏԻ ՄԱՇԿԻ ԵՎ ՁԿՆԱՆՄԱՆ ՄԿԱՆԻ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԴԻՍՊԵՐՍՄԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՎՆԱՍՎԱԾՔԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Տեղադրել մկանի և մաշկի կտորները Ռինգերի լուծույթի մեջ և տաքացնել 10 ր ընթացքում՝ հասցնելով լուծույթի ջերմաստիճանը մինչև 80-90°C: Որոշել ջերմաստիճանային մշակումից վնասված հյուսվածքների դիմադրությունը և ունակությունը վերը նշված եղանակով առաջ. 5-ում տրված պայմաններում:
2. Մկանի և մաշկի կտորները վնասել քիմիական մշակմամբ: Այդ նպատակով հյուսվածքների կտորները տեղադրել՝
   ա) ապակյա անոթի մեջ, որի կափարիչին ամրացված է եթերով թրջված խծուծ,
   բ) ապակյա անոթի մեջ լցված Ռինգերի լուծույթի վրա պատրաստված ֆորմալինի 8 % լուծույթով:

3. Որոշել վնասված հյուսվածքների դիմադրությունը և ունակությունը վերը նշված եղանակով նույն պայմաններում:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 7. ՄԿԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԴԻՍՊԵՐՍՄԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Անմիջապես աշխատանքից առաջ տրամաչափել կամուրջը կամ ստուգել վերջինիս աշխատանքը: Գլխատել մկանը, հաջորդաբար առանձնացնել լյարդը, երիկամը, փայծաղը և գլխուղեղը, լվանալ ֆիզիոլոգիական լուծույթով, խնամքով չորացնել ֆիլտրի թղթով և տեղադրել չափող խցիկի մեջ:

Որոշել ուսումնասիրվող օբյեկտի դիմադրությունը և ունակությունը 10-15 հաճախականությունների վրա: Ստացված արդյունքները ներկայացնել գրաֆիկների տեսքով, ինչպես առաջ. 5-ում:

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ 8. ՄԿԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՏԵՂԱԿԱՑՄԱՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Հավաքել հատուկ սարք՝ բաղկացած երկու գեներատորներից՝ 10կՀց և 1ՄՀց, և երկու կամուրջներից՝ նշված երկու հաճախականությունների վրա դիմադրության չափման համար: Կամուրջները միացնել այնպես, որ սարքն ունենա մեկ ունակություն, մեկ հաշվեկշռության ինդիկատոր և չափող խցիկի միացման ընդհանուր մուտքային սեղմակներ: Կամուրջի ընդհանուր մակերեսին տեղադրել երկու մեկ վերամիացուցիչ հաճախականությունների համար: Նման

սարքը սովորաբար լինում է ինքնաշեն: Որպես հավասարակշռության դիմադրություններ և ունակություններ օգտագործել МСРБ-48 և МЕ-3 հավաքածուներ՝ 1000 պֆ ունակությամբ օդային կոնդենսատորով (կամ լաբորատորիայում եղած այլ հավակածուներ):

2. Չափումներից առաջ անհրաժեշտ է տրամաչափել կամուրջը կամ ստուգել դրա աշխատանքը:
3. Թարմ մեկուսացված օրգանները և հյուսվածքները՝ լյարդը, փայծաղը, երիկամը, գլխուղեղը, կմախքային մկանը, նյարդը, հաջորդաբար տեղադրել չափող խցիկի մեջ և որոշել դրանց դիմադրությունը 10 կՀց և 1 ՄՀց հաճախականությունների վրա: Հաշվարկել բևեռացման գործակիցը՝ ըստ (7) բանաձևի:
4. Ուսումնասիրված օբյեկտները ենթարկել ջերմային կամ քիմիական մշակման առաջ. 6-ում բերված եղանակով և կատարել նույն չափումներն ու հաշվարկները վնասված հյուսվածքների համար: Ստացված տվյալները ներկայացնել աղյուսակի տեսքով, գրել եզրակացություն:

Աղյուսակ 2

Հետազոտվող օբյեկտ	Վիճակ	Դիմադրություն		Բևեռացման գործակից, K
		10 կՀց	1 ՄՀց	
Լյարդ	նորմալ			
	վնասված			

14. ՀԱՎԵԼՎԱԾ

Ֆիզիոլոգիական լուծույթներ

ա) սառնարյուն կենդանիների համար՝

6,5-7,0գ $NaCl$ -ին ավելացնել թորած ջուր մինչև 1000 մլ,

բ) տաքարյուն կենդանիների համար՝

8,5 –9,0գ $NaCl$ -ին ավելացնել թորած ջուր մինչև 1000 մլ

Աղյուսակ 1

Ռինգերի և Ռինգեր-Լոքի ֆիզիոլոգիական լուծույթներ

Բաղադրություն	*Սառնարյուն կենդանի-ների համար*	*Տաքարյուն կենդանի-ների համար*
$NaCl$	*6,50 գ*	*9,00 գ*
KCl	*0,14 գ*	*0,42 գ*
$CaCl_2$	*0,12 գ*	*0,24 գ*
$NaHCO_3$	*0,20 գ*	*0,20 գ*
գլյուկոզ	*1,00 գ*	*1,00 գ*
H_2O *(թորած)*	*մինչև 1000մլ*	*մինչև 1000մլ*

Ռինգերի լուծույթը օգտագործվում է սառնարյուն, իսկ Ռինգեր-Լոքի լուծույթը՝ տաքարյուն կենդանիների հետ աշխատելիս:

ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ ՊԱՏՐԱՍՏՈՒՄԸ

Սերենսենի ֆոսֆատային խառնուրդ

Սերենսենի ֆոսֆատային խառնուրդները պատրաստվում է KH_2PO_4-ի և $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$-ի 1/15 մոլյարանոց լուծույթներով: Այդ լուծույթները պատրաստելու համար անհրաժեշտ է 1 լ թորած ջրում լուծել համապատասխանաբար 9,078 գ KH_2PO_4 և 11,876 գ $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$: Լուծույթները պատրաստել չափիչ անոթում: Թորած ջուրը օգտագործելուց առաջ եռացնել՝ CO_2 -ը հեռացնելու համար, հետո՝ սառեցնել:

Խառնելով երկտեղակալված նատրիումի ֆոսֆատի և միատեղակալված կալիումի ֆոսֆատի պատրաստված ելակետային լուծույթները տարբեր հարաբերություններով կարելի է ստանալ pH-ի տարբեր արժեքներով բուֆերային խառնուրդներ (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

Սերենսենի ֆոսֆատային խառնուրդ

pH	1/15Մ $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$,սմ³	1/15Մ KH_2PO_4,սմ³
5,28	0,25	9,75
5,58	0,5	9,5
5,90	1,0	9,0
6,23	2,0	8,0
6,46	3,0	7,3
6,64	4,0	6,0
6,81	5,0	5,0
6,97	6,0	4,0
7,16	7,0	3,0
7,38	8,0	2,0

7,73	9,0	1,0
8,04	9,5	0,5

Կիտրոնաթթվային բուֆեր՝ ըստ Մաք-Իլվենի

Մաք-Իլվենի խառնուրդը թույլ է տալիս ստանալ pH-ի 2,2-8,0 միջակայքում արժեքներով բուֆերային լուծույթներ: Ելակետային լուծույթներն են՝ 0,2Մ նատրիումի երկտեղակալված ֆոսֆատի լուծույթը և 0,1 Մ կիտրոնաթթվի լուծույթը (աղ.3): Այդ լուծույթները պատրաստելու համար անհրաժեշտ է 1 լ թորած ջրում լուծել համապատասխանաբար 35.6գ. $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ և 21գ. $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$: Բոլոր պատրաստված բուֆերային լուծույթներն անհրաժեշտ է պահել փակ անոթներում՝ կանխելու համար օդի ներթափանցումը՝ հետևելով, որ լուծույթը չշփվի խցանի հետ:

Ստորև բերվող 2-րդ և 3-րդ աղյուսակներում նշված են ելակետային լուծույթների այն քանակությունները, որոնք անհրաժեշտ են՝ pH-ի որոշակի արժեքներով բուֆերային խառնուրդներ ստանալու համար:

Աղյուսակ 3

Մաք-Իլվենի բուֆերային խառնուրդը

pH	0,2Մ Na_2HPO_4, սմ³	0,1Մ կիտրոնաթթու, սմ³	pH	0,2Մ Na_2HPO_4, սմ³	0,1 Մ կիտրոնաթթու, սմ³
2,2	0,20	9,80	5,2	5,36	4,64
2,4	0,62	9,38	5,4	5,58	4,42
2,6	1,09	8,91	5,6	5,80	4,20
2,8	1,58	8,42	5,8	6,05	3,95

3,0	2,05	7,95	6,0	6,31	3,69
3,2	2,47	7,53	6,2	6,61	3,39
3,4	2,85	7,15	6,4	6,92	3,08
3,6	3,22	6,78	6,6	7,28	2,72
3,8	3,55	6,45	6,8	7,72	2,28
4,0	3,85	6,15	7,0	8,24	1,76
4,2	4,14	5,86	7,2	8,69	1,31
4,4	4,41	5,59	7,4	9,08	0,92
4,6	4,68	5,32	7,6	9,36	0,64
4,8	4,93	5,07	7,8	9,57	0,43
5,0	5,15	4,85	8,0	9,72	0,28

Բուֆերային ունակության հաշվարկ

Բուֆերային ունակությունը կարելի է հաշվարկել հետևյալ բանաձևով՝

$$B_{\text{թ.}} = \frac{n\left(1/zHA\right)}{pH_1 - pH_2},$$

որտեղ $n\left(1/zHA\right)$-ը 1 լ բուֆերային համակարգին ավելացված ուժեղ թթվի քիմիական համարժեքի մոլերի թիվն է,

z - համարժեքության (էկվիվալենտ) թիվը տեղակալված կամ միացած ջրածնի իոնների թիվն է, որոնք մասնակցում են որոշակի թթվահիմնային ռեակցիաներում կամ էլեկտրոնների թիվը, որոնք մասնակցում են որոշակի օքսիդավերականգնման ռեակցիաներում:

pH_1-ը՝ համակարգի ջրածնային ցուցանիշը մինչև ուժեղ թթվի ավելացումը,

pH_2 -ը՝ համակարգի ջրածնային ցուցանիշը ուժեղ թթվի ավելացումից հետո:

Ընդհանուր դեպքում (եթե վերցվի բուֆերային համակարգի ոչ թե 1 լ, այլ ցանկացած ծավալ՝ արտահայտված լ-ով կամ դմ³–ով) բուֆերային ունակության հաշվարկի բանաձևը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$B_{\text{թ.}} = \frac{C\left(1/zHA\right) \cdot V\left(HA\right)}{\left(pH_1 - pH_2\right) \cdot V_{(\text{բ.h.})}} = \frac{n\left(1/zHA\right)}{\left(pH_1 - pH_2\right) \cdot V_{(\text{բ.h.})}}$$

որտեղ $C\left(1/zHA\right)$-ը ուժեղ թթվի քիմիական համարժեքի մոլային

խտությունն է ավելացվող լուծույթում,

$V\left(HA\right)$-ն՝ ավելացված ուժեղ թթվի լուծույթի ծավալը, լ,

$V_{(\text{բ.h.})}$-ն՝ բուֆերային լուծույթի (բուֆերային համակարգի) ծավալը, որին ավելացվում է թթվի լուծույթը, լ:

Բուֆերային ունակությունն ըստ հիմքի ուժեղ հիմքի քիմիական համարժեքի այն քանակությունն է, որը պետք է ավելացվի 1 լ ծավալով բուֆերային համակարգին՝ մեկ միավորով վերջինիս pH-ը մեծացնելու համար՝

$$B_{\text{h.}} = \frac{n\left(1/zB\right)}{\left(pH_2 - pH_1\right)},$$

որտեղ $n\left(1/zB\right)$-ը 1 լ բուֆերային համակարգին ավելացված ուժեղ հիմքի քիմիական համարժեքի մոլերի թիվն է,

pH_1-ը՝ համակարգի ջրածնային ցուցանիշը մինչև հիմքի ավելացումը,

pH_2-ը՝ համակարգի ջրածնային ցուցանիշը հիմքի ավելացումից հետո:

Ընդհանուր դեպքի համար, ըստ հիմքի, բուֆերային ունակության հաշվարկի համար բանաձևն ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$B_{\text{h.}} = \frac{C\left(1/zB\right) \cdot V\left(B\right)}{\left(pH_2 - pH_1\right) \cdot V_{(\text{բ.h.})}} = \frac{n\left(1/zB\right)}{\left(pH_2 - pH_1\right) \cdot V_{(\text{բ.h.})}},$$

որտեղ $C\left(1/zB\right)$-ը ուժեղ հիմքի քիմիական համարժեքի մոլային

խտությունն է ավելացվող լուծույթում,

$V\left(B\right)$-ն՝ ավելացված ուժեղ հիմքի լուծույթի ծավալը, լ,

$V_{(\text{բ.h.})}$-ն՝ բուֆերային լուծույթի ծավալը, որին ավելացվում է հիմքի լուծույթը, լ:

Աղյուսակ 4

Տարբեր հեղուկների մակերևույթային լարվածության գործակցի արժեքները

Նյութ	Բանաձև	Մակերևույթային լարվածություն, դին/սմ	^{0}C
Ացետոն	$\left(CH_3\right)_2\ CO$	23,30	18
Ջիթապտղի յուղ	-	33,06	"
Անիլին	$C_6H_5NH_2$	43,60	"
Էթիլ եթեր	$\left(C_2H_5\right)\ O$	16,96	20

Էթիլ սպիրտ	C_2H_5OH	**22,27**	"
Մեթիլ սպիրտ	CH_3OH	**23,00**	"
Քացախաթթու	CH_3COOH	**27,63**	"
Սպիտակուց (հավի ձվի)	-	**52,69**	"
Գլիցերին	$C_3H_5\left(OH\right)_3$	**63,40**	
Ջուր	H_2O	**72,75**	"
Սնդիկ	Hg	**465,00**	"

Աղյուսակ 5

Իոնների շարժունակությունը 18°C -ի պայմանում

Իոն	**Շարժունակություն,** ***սմ²·օհմ⁻¹գ.էկվ⁻¹***	**Իոն**	**Շարժունակություն,** ***սմ²·օհմ⁻¹գ.էկվ⁻¹***
H^+	315,0	OH^-	174,0
K^+	64,6	Br^-	67,6
NH_4^+	64,0	Cl^-	65,5
Ca^{2+}	51,5	NO_3^-	62,0
Mg^{2+}	45,5	HCO_3^-	60,0
Na^+	43,5	CH_3COO^-	34,0

ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՄՇԱԿՈՒՄ

Կենսաբանական օբյեկտների ուսումն, ասիրման ժամանակ, երբ չափում ենք ինչ-որ հատկանիշ, ստանում ենք տվյալների շարք: Ընդ որում այդ շարքում թվերը կարող են լինել քաոտիկ վիճակում:

Գոյություն ունեն տվյալների դասակարգման մի քանի եղանակներ:

1. Ստացված տվյալները կարելի է դասավորել ըստ աճման կամ նվազման կարգի: Այդ շարքում ամենամեծ արժեքով տվյալը անվանում ենք *առավելագույն արժեքը* (max), իսկ ամենափոքր արժեքով տվյալը՝ *նվազագույն արժեք* (min):

Տատանման տիրույթը տվյալ շարքում առավելագույն և նվազագույն արժեքների տարբերությունն է՝

$$R = X_{max} - X_{min}:$$

2. Ստացված տվյալները կարելի է ներկայացնել աղյուսակի տեսքով:

3. Ստացված տվյալների վերլուծությունից հետո դրանք կարելի է ներկայացնել գրաֆիկների տեսքով:

Միջին թվաբանական մեծություն

Ի տարբերություն անհատական թվային բնութագրիչների՝ միջին թվաբանականն մեծությունը բնութագրում է միատարր թվերի մեծ խումբը մեկ թվով (միջին արժեքով) և նշանակվում է $\overline{x}$: Մի քանի *թվերի թվաբանական միջին* կոչվում է այդ թվերի գումարի և քանակի հարաբերությունը:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n},$$

որտեղ $\sum$ -ն՝ գումարման նշան,

x_i -ը՝ հետազոտման ժամանակ ստացված տվյալները (տարբերակները)

n -ը՝ տարբերակների քանակը:

Օրինակ՝

Չափվել է առաջին կուրսի 10 ուսանողների սրտի կծկումների հաճախությունը ֆիզկուլտուրայի դասի ընթացքում: Ստացվել են հետևյալ տվյալները՝ 62,65,72,68,71,63,67,64,62.

$\sum x_i$ =62+65+72+68+69+71+63+67+64+62=663

n =10

$\bar{x}$ =66,3

Տվյալների մշակման ժամանակ օգտագործում են այնպիսի հասկացություններ, ինչպիսիք են՝ ***դիսպերսիան և միջին քառակուսային շեղումը:***

Դիսպերսիա են անվանում այդ շարքի միջին արժեքից դրանց միջին թվաբանական քառակուսիների շեղումները:

Դիսպերսիան հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma^2 = \frac{\sum x_i - \bar{x}}{n - 1},$$

որտեղ σ^2 -ն դիսպերսիան է,

$\sum$ -ն՝ գումարման նշանը,

$(n - 1)$-ը՝ազատ փոփոխվող տարբերակների թիվը,

x_i -ը՝ վարիացիոն շարքի ցանկացած տարբերակ,

$\bar{x}$-ը՝ տարբերակների միջին թվաբանականը:

Ընդ որում, հարկ է հաշվի առնել, որ եթե տարբերակների թիվը փոքր է կամ հավասար 30-ի, ապա վարիացիոն շարքի անդամներից մեկը զուրկ է ազատության աստիճանից, և ազատ փոփոխվող տարբերակների թիվը հավասար է $(n-1)$-ի: Եթե տարբերակների թիվը մեծ է 30-ից, ապա ազատ փոփոխվող տարբերակների թիվը հավասար է n-ի:

Հաջորդ մեծությունը *միջին քառակուսային շեղումն* է: Այն ստանալու համար անհրաժեշտ է դիսպերսիայից հանել քառակուսի արմատ՝

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)}{n-1}}:$$

Վերոհիշյալ մեծությունները տեղեկություն են տալիս ստացված տվյալների վերաբերյալ: Օրինակ՝ ինչքան փոքր է դիտարկվող հատկանիշների միջին քառակուսային շեղումը, այնքան դիտարկվող չափանիշը մոտ է հավասարակշիռ վիճակին: Ինչքան մեծ է, նշանակում է դիտարկվող չափանիշում կան ծայրահեղ վիճակներ: Ինչքան փոքր է դիսպերսիան կամ քառակուսային շեղումը, այնքան միատարր է տվյալների ամբողջականությունը և հավաստի ստացված միջին թվաբանական արժեքը:

Գրականության ցանկ

1. Зверев А. А., Зефиров Т. Л. //Статистические методы в биологии: учебно-методическое пособие // Казань, КФУ, 2013.

2. Каплаушенко А. Г., Похмёлкина С. А., Чернега Г. В., Пряхин О. Р., Авраменко А. И., Юрченко И. А., Щербак М. А., Методические указания к практическим занятиям и выполнению лабораторных работ по медицинской химии для студентов медицинского факультет, Запорожье, 2015.

3. Липунова Е. А., Скоркина М. Ю., Система красной крови, Сравнительная физиология Белгород, 2004.

4. Миронова И. К., Каневский М.В., Методическое пособие к малому практикуму по биофизике. 6-е изд. Изд-во Сарат. ун-та, 2016, 44 с.

5. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедев, «Электрохимические методы анализа» руководство к лабораторному практикуму, Екатеринбург издательство Уральского университета, 2014.

6. Филимонов М. М., Новиков Д. А., Методические указания к лабораторной работе по курсу “Биофизика” для студентов биологического факультета специальностей G.31.01.01 “Биология”, H.33.01.01 “Биоэкология”» МИНСК БГУ 2004.

7. Юрин В. М., Кудряшов А. П., Дитченко Т. И., Молчан О. В., Смолич И. И., «Физиологиярастительной клетки» Методические рекомендациик лабораторным занятиям практикума «Физиология растений» для студентов биологического факультета, Минск, 2009.

8. http://biomedphys.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/-2017/06/lr_biofizika.pdf

9. http://biomedphys.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/-2017/06/lr_biofizika.pdf
10. http://www.bio.bsu.by/biohim/files/biophysika_labor_natyazhenie.pdf
11. https://studfile.net/preview/5363021/page:21/
12. http://scask.ru/j_book_mph.phpid
13. https://pandia.ru/text/80/133/4287.php
14. https://works.doklad.ru/view/midt24PVOZY.html
15. https://helpiks.org/

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Գ. Հ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ս. Ա. ՂՈՆՅԱՆ,
Ա. Վ. ՆԵՐԿԱՐԱՐՅԱՆ, Մ. Ս. ՄԻՔԱԵԼՅԱՆ

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐ ԿԵՆՍԱՖԻԶԻԿԱՅԻՑ

ՄԱՍ 1

(Ուսումնամեթոդական ձեռնարկ)
Երկրորդ հրատարակություն, լրացված, վերամշակված

Համակարգչային ձևավորումը՝ Կ. Չալաբյանի
Կազմի ձևավորումը՝ Ա. Պատվականյանի
Հրատ. խմբագրումը՝ Մ. Հովհաննիսյանի

Տպագրված է «ՎԱՌՄ» ՍՊԸ-ում:
Ք. Երևան, Տիգրան Մեծի 48, բն. 43

Ստորագրված է տպագրության՝ 12.11.2021:
Չափսը՝ 60x84 1/16: Տպ. մամուլը՝ 12.125:
Տպաքանակը՝ 100:

ԵՊՀ հրատարակչություն
ք. Երևան, 0025, Ալեք Մանուկյան 1
www.publishing.am