खण्ड-10, अंक-1, वर्ष-2022, मु०प्र० 47-59
D.O.I.: https://doi.org/10.22445/avsp.v10i1.9
SJIF (2021) : 7.247

शोध पत्र

Bi-ionic Potential: Experimental Measurements and Wastewater Treatment Applications

Afren Ansari[1], Mohd. Ayub Ansari[2], Ramesh Kumar Prajapati[3] and K. S. Dadoriya[4]
[1]Department of Chemistry, Shrimant Madhavrao Scindia Govt. Model Science College
Gwalior- 474 009, M.P., India
[2]Department of Chemistry, Bipin Bihari College, Jhansi-28 4001, U.P., India
[3]Department of Chemistry, Digamber Jain College, Baraut, Baghpat-250 611, U.P., India
[4]Department of Chemistry, Govt. P.G. College, Datia- 475 661, M.P., India
afreenansari011@gmail.com

Received: 31-08-2022, Accepted: 14-09-2022

Abstract- The parchment impregnated chromium tungstate synthetic membrane was fabricated successfully and characterized by scanning electron microscopy, X-ray diffraction and elemental analysis. The bi-ionic potential values across chromium tungstate membrane with various combinations of 2:1 electrolytes ($MgCl_2$, $CaCl_2$ and $ZnCl_2$) at same concentrations have been measured. Theoretical values of BIP have been calculated using the bi-ionic potential theories developed recently by Toyoshima and Nozaki based on principles of non-equilibrium thermodynamics. A comparison of experimental and theoretical bi-ionic potential values shows that theoretical equations of bi-ionic potential are applicable to the parchment impregnated membrane. The prepared membrane can be considered as an excellent material for wastewater treatment applications.

Keywords- Parchment impregnated chromium tungstate membrane, Bi-ionic potential, Instrumental techniques

द्वि–आयनिक विभवः प्रायोगिक माप एवं अपशिष्ट जल उपचार के अनुप्रयोग

आफरीन अन्सारी[1], मुहम्मद अयूब अन्सारी[2], रमेश कुमार प्रजापति[3] एवं के.एस. ददोरिया[4]
[1]रसायन विज्ञान विभाग, श्रीमंत माधवराव सिंधिया शासकीय आदर्श विज्ञान महाविद्यालय
ग्वालियर–474 009, म०प्र०, भारत
[2]रसायन विज्ञान विभाग, बिपिन बिहारी महाविद्यालय, झाँसी–284 001, उ०प्र०, भारत
[3]रसायन विज्ञान विभाग, दिगंबर जैन कॉलेज, बड़ौत, बागपत–250 611, उ०प्र०, भारत
[4]रसायन विज्ञान विभाग, शासकीय स्नातकोत्तर कॉलेज, दतिया–475 661, म०प्र०, भारत
afreenansari011@gmail.com

सार– चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली को सफलतापूर्वक निर्मित किया गया एवं उसकी स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी, एक्स–रे विवर्तन एवं मौलिक विश्लेषण आदि तकनीक करायी। समान सांद्रता के २:१ विद्युत अपघट्य ($MgCl_2$, $CaCl_2$एवं $ZnCl_2$) के विभिन्न युग्मों के साथ क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली का द्वि–आयनिक विभव मूल्यों को मापा गया है। द्वि–आयनिक विभव के सैद्धांतिक मूल्यों की गणना हाल ही में टोयोशिमा एवं नोजाकि द्वारा विकसित की गई है। जो गैर–संतुलन ऊष्मप्रवैगिकी के सिद्धांतों पर आधारित है। प्रयोगात्मक एवं सैद्धांतिक द्वि–आयनिक विभव के मूल्यों की तुलना से पता चलता है कि द्वि–आयनिक विभव के सैद्धांतिक समीकरण चर्मपत्र संसेचित झिल्ली पर लागू होते हैं। तैयार झिल्ली को अपशिष्ट जल उपचार अनुप्रयोगों के लिए एक उत्कृष्ट पदार्थ के रूप में माना जा सकता है।

बीज शब्द– चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली, द्वि–आयनिक विभव, यांत्रिक तकनीक

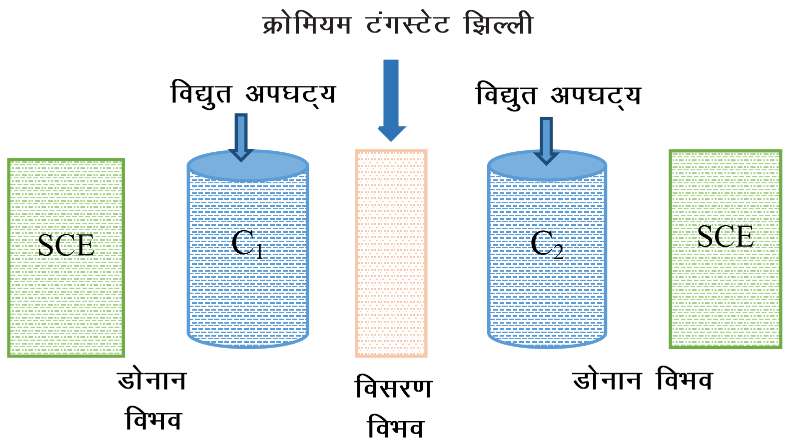
१.**परिचय**– चर्मपत्र संसेचित झिल्ली के माध्यम से आयन का परिवहन किया जाता है। वैज्ञानिक समुदाय द्वारा व्यापक रूप से अध्ययन किया गया, एवं स्पष्ट किया कि झिल्ली का उपयोग निस्पंदन, विलवणीकरण एवं अपशिष्ट जल उपचार आदि में किया जाता है।[1–4] अपशिष्ट जल उपचार अनुप्रयोग अभी भी सीमित हैं क्योंकि उनके पास कुछ सामान्य कमियां हैं जैसे–अपर्याप्त यांत्रिक, रासायनिक, थर्मल स्थिरता एवं उच्च लागत[5-10], आदि सम्मिलित हैं। अब तक के अधिकांश अध्ययनों ने आयन–विनिमय झिल्ली या छिद्रित झिल्ली पर ध्यान केंद्रित किया है।[11-12]

द्वि–आयनिक विभव E_{BIP} एक द्वि–आयनिक प्रणाली के जलीय विलयनों के बीच का अंतर है, जो आयन–विनिमय झिल्ली द्वारा गठित दो जलीय विद्युत अपघट्य विलयनों को अलग करता है, जिसमें एक ही सह–आयन एवं अलग–अलग काउंटर–आयन होते हैं। अकार्बनिक अवक्षेप झिल्ली का उपयोग, परिवहन परिघटनाओं के अध्ययन एवं झिल्ली विभव एवं द्वि–आयनिक विभव[13-15] के सिद्धांतों को प्रमाणित करने के लिए एक मॉडल के रूप में किया गया है। इस शोध पत्र में, लेखक क्रोमियम टंगस्टेट चर्मपत्र संसेचित झिल्ली की तैयारी का वर्णन करते हैं। द्वि–आयनिक विभव के परीक्षण के लिए टोयोशिमा एवं नोजाकी[16] के सिद्धांत का उपयोग किया गया है।

२. **सामग्री और विधि**– कृत्रिम झिल्ली को संश्लेषित करने के लिए सोडियम टंगस्टेट (एसडी फाइन लिमिटेड, भारत), क्रोमियम क्लोराइड (रैनबैक्सी, भारत) एवं चर्मपत्र कागज (अमोल ग्रुप ऑफ कंपनीज, मुंबई, भारत) का उपयोग किया गया है। अन्य सभी अभिकर्मकों का उपयोग विश्लेषणात्मक अभिकर्मकों के ग्रेड प्राप्त करने के लिए किया गया है। मैग्नीशियम, कैल्शियम, जिंक के द्वि–एकरूप क्लोराइड का उपयोग विद्युत रासायनिक वर्णन के लिए किया गया है।

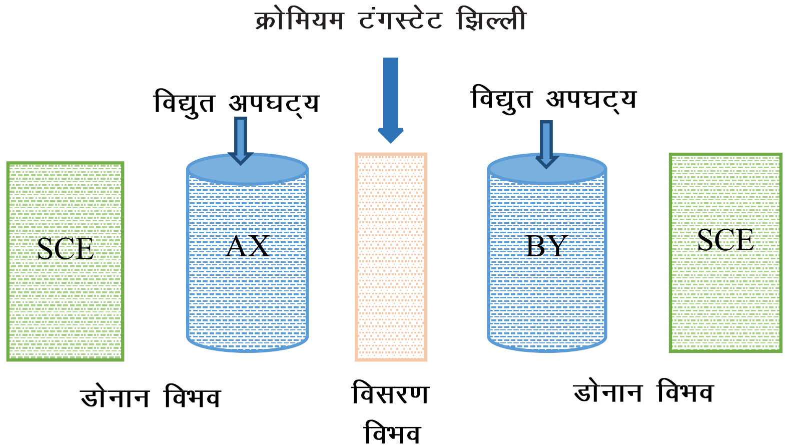
२.१. झिल्ली बनाना– चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली को बेग एवं सहकर्मियों[17-20] द्वारा सुझाई गई विधि द्वारा तैयार किया गया। चर्मपत्र कागज के बीचोंबीच इन पदार्थों को अवक्षेपित करने के लिए, सोडियम टंगस्टेट का 0.२M विलयन को कांच के बीकर के भीतर रखा जाता है, बीकर के सिरे को चर्मपत्र कागज जो पहले से विआयनीकृत जल में भिगोया गया होता है उसे बांध देते हैं। चर्मपत्र पेपर से बंधे बीकर को उल्टा करके क्रोमियम क्लोराइड के 0.२M के विलयन में ७२ घंटे के लिए रख दिया जाता है। ७२ घंटे के बाद में दोनों विलयनों को आपस में बदल दिया जाता है। और फिर से उसे ७२ घंटे के लिए रख दिया जाता है। इस प्रकार चर्मपत्र कागज और अकार्बनिक अवक्षेप समग्र रूप से एक मॉडल झिल्ली के रूप में कार्य करती हैं। इस प्रकार तैयार की गई झिल्ली को मुक्त विद्युत अपघट्य को हटाने के लिए विआयनीकृत जल से धोया जाता है।

२.२. झिल्ली विभव का मापन– इस प्रकार के विद्युत रासायनिक सेल (**चित्र–१**) का उपयोग झिल्ली के माध्यम से उत्पन्न होने वाले झिल्ली विभव को मापने के लिए, सांद्रता में दस गुना अंतर (C_2/C_1=10) बनाए रखने एवं एक मल्टीमीटर (Rishmulti(R) 43/4 अंक 18S) का उपयोग करने के लिए किया जाता है। जांच में विभिन्न प्रकार के विद्युत अपघट्य विलयन[21] का उपयोग किया जाता है।



चित्र–१: झिल्ली विभव माप के लिए विद्युत रासायनिक सेटअप

२.३. **द्वि–आयनिक विभव का मापन**– निम्नलिखित प्रकार के एक और नए सेल का निर्माण करके द्वि–आयनिक विभव का मान प्राप्त किया जाता है (**चित्र–२**):



इस सेल में, झिल्ली के दोनों ओर समान सांद्रता के AX एवं BY विद्युत अपघट्य विलयन लेते हैं। द्वि–आयनिक विभव का मान प्राप्त करने के लिऐ अलग–अलग इलेक्ट्रोलाइट्स विलयनों जैसे– $ZnCl_2$-$CaCl_2$, $ZnCl_2$-$MgCl_2$, एवं $CaCl_2$-$MgCl_2$ विद्युत अपघट्य का उपयोग करके चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली में २५$\pm$0.1°C पर मापा गया है।

२.४. **झिल्ली की विशेषता**– झिल्ली के पैरामीटर जैसे–जल का उठाव, सरंध्रता, परत, फुलाव आदि झिल्ली के विद्युत रासायनिक गुणों को प्रभावित करते हैं, इसलिए पूर्ण झिल्ली की विशेषता ज्ञात होना आवश्यक है। ये पैरामीटर एम. अरसलान एवं अन्य[22] द्वारा समझाये गए हैं।

२.४.१. **झिल्ली जल का उठाव (%समस्त नम वजन)**– बनी हुई झिल्ली को दो घंटे के लिए विआयनीकृत जल में भिगोया जाता है, सतह की नमी को हटाने के लिए व्हाटमैन फिल्टर पेपर का उपयोग कर उसका वजन ले लेते हैं। इन्हें आगे चौबीस घंटे के लिए P_2O_5 से अधिक निर्वात में एक स्थिर भार तक सुखाया गया। जल के उठाव (समस्त नम वजन) की गणना निम्नानुसार हैः

$$\%\ total\ wet\ weight = \left[\frac{W_w - W_d}{W_w}\right] x100$$

जहाँ पर W_w झिल्ली के भीगे हुए वजन को दर्शाता है एवं W_d सूखी सिंथेटिक झिल्ली के वजन को दर्शाता है।

२.४.२. **झिल्ली सरंध्रता**– सरंध्रता की गणना जल के ग्रहण डाटा से प्रति इकाई झिल्ली मात्रा में गुहाओं में अवशोषित पानी की मात्रा के रूप में की जाती है।

$$Porosity = \left[\frac{W_w - W_d}{AL\rho_w}\right]$$

जहाँ A झिल्ली के क्षेत्रफल (cm^2) को दर्शाता है, L झिल्ली की मोटाई (cm) है एवं ρ_w पानी का घनत्व (g/cm^3) है।

२.४.३. **झिल्ली परत**– संसेचित झिल्ली की परत स्क्रूगेज का उपयोग करके झिल्ली की औसत मोटाई लेकर मापी जाती है।
२.४.४. **झिल्ली फुलाव**– झिल्ली फुलाव को चौबीस घंटे के लिए सोडियम क्लोराइड के एक मोलर घोल में संतुलित कर शुष्क झिल्ली की औसत मोटाई एवं शुष्क झिल्ली के बीच के अंतर के रूप में मापा गया है।
२.४.५. **क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली आकृति का स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी अध्ययन**– क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली के लक्षण का वर्णन, छिद्र संरचना, सूक्ष्म/मैक्रो सरंध्रता, समरूपता, मोटाई, दरारें एवं सतह आकारिकी की जाँच इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (एस.ई.एम.) मॉडल फिलिप्स 515, यू.एस.ए. के स्कैनिंग के साथ की गई थी। दबाव १ पास्कल पर वांछित झिल्ली नमूने पर गोल्ड स्पटर कोटिंग्स की गई है।
२.४.६. **क्रोमियम टंगस्टेट सिंथेटिक झिल्ली का एक्स–रे विवर्तन (एक्स.आर.डी.) अध्ययन**– चर्मपत्र समर्थित क्रोमियम टंगस्टेट

झिल्ली का एक्स–रे विवर्तन पैटर्न मिनी फ्लेक्स–II एक्स–रे डिफ्रेक्टोमीटर (रिगाकू कॉर्पोरेशन) द्वारा CuK विकिरण के साथ दर्ज किया गया है।

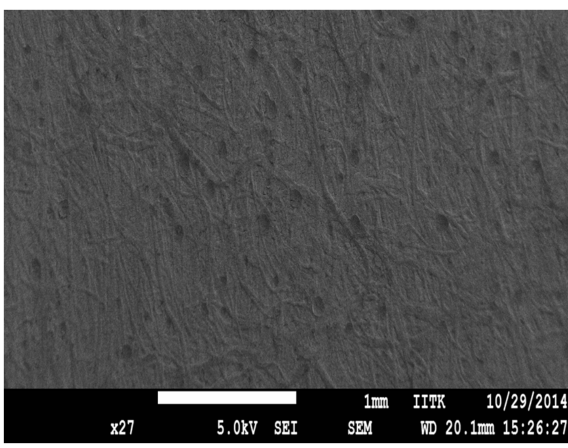
२.४.७. **मौलिक विश्लेषण**– क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली का मौलिक विश्लेषण स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (मॉडल फिलिप्स 515, यू.एस.ए.) पर किया गया है।

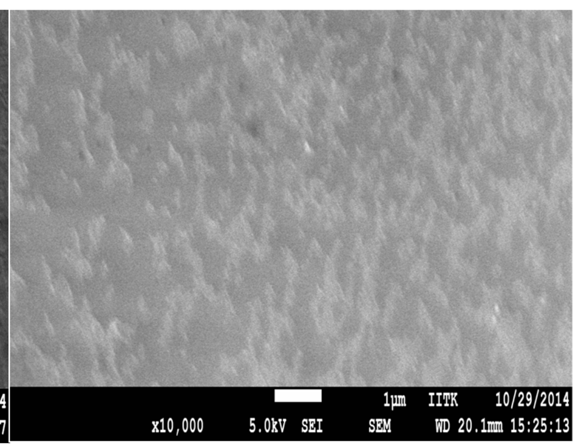
३. **परिणाम एवं चर्चा**– चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली की परत, फुलाव, सरंध्रता एवं जल का उठाव के परिणाम **तालिका–१** में संक्षेपित किए गए हैं।

तालिका–१. संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली का जल की मात्रा, सरंध्रता, मोटाई एवं फुलाव गुण

नम झिल्ली में जल का %वजन	0.073
सरंध्रता	0.117
परत(सेमी)	0.087
फुलाव(%)	0.07

क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली की स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी सतह को **चित्र–३(अ)–३(ब)** में दर्शाया गया है। स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी आकृतियाँ, कुछ बड़े कणों के घने एकत्रीकरण से बनी हुई प्रतीत होती हैं एवं संभवतः गैर–रैखिक चैनल के साथ पूरी तरह से परस्पर जुड़े हुए छिद्रों का निर्माण करती हैं। कण अनियमित रूप से संघनित होते हैं एवं विभिन्न आकारों के द्रव्यमान वाले विषम संरचना के होते हैं।

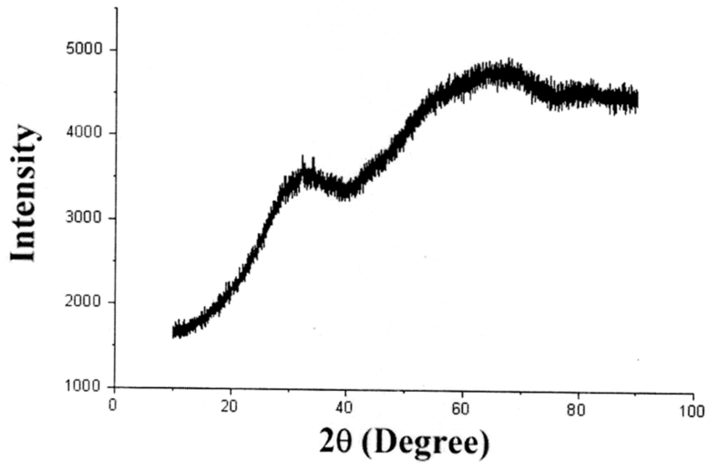




(अ) (ब)

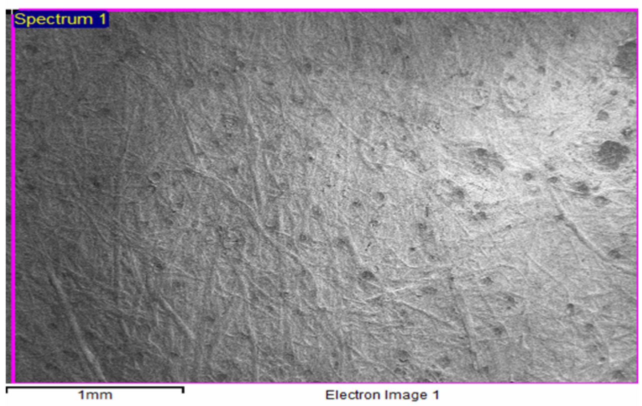
चित्र–३ (अ–ब): क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली की स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी आकृतियाँ

चित्र–४, क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली के एक्स–रे विवर्तन स्पेक्ट्रम को दर्शाता है। कृत्रिम झिल्ली को पाउडर के नमूने में रिकॉर्डेड करके देखा गया कि स्पेक्ट्रम (2θ रेंज) में कुछ महीन चोटियां प्रदर्शित हुईं, अतः यह पदार्थ की अर्ध–क्रिस्टलीय प्रकृति को दर्शाता है।

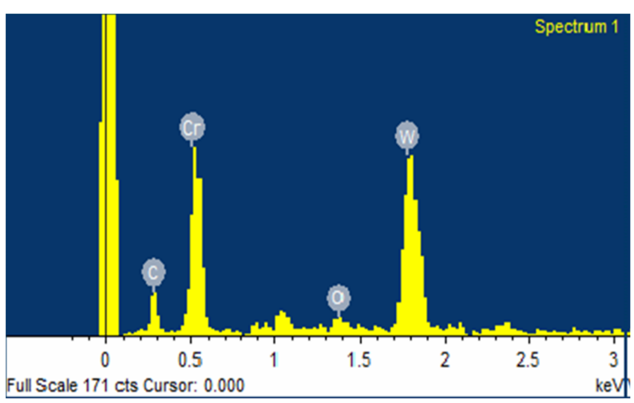


चित्र–४: क्रोमियम टंगस्टेट कृतिम झिल्ली का एक्स–आरडी पैटर्न

इस अध्ययन में क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के कणों का विश्लेषण **तालिका–२** में दिया गया है क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली में तंतुओं की संरचना **चित्र–५(अ)–५(ब)** में निर्धारित की गई।



(अ)



(ब)

चित्र–५ (अ–ब): क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली का मौलिक विश्लेषण

तालिका–२: क्रोमियम टंगस्टेट कृत्रिम झिल्ली कण का मौलिक विश्लेषण

तत्व	% Wt.
क्रोमियम	44.2
टंगस्टन	42.4
कार्बन	10.3
ऑक्सीजन	3.1

एक सामान सांद्रता के दो अलग–अलग विद्युत अपघट्य विलयनों के बीच में झिल्ली को जोड़कर द्वि–आयनिक विभव ज्ञात किया जाता है। मार्शल एवं क्रिनबिल[23] ने द्वि–आयनिक विभव के लिए निम्नलिखित समीकरण दिया–

$$\Delta E_{BIP} = (RT/FZ)\ln a_i \; \overline{U}_i \; / a_j \; \overline{U}_j \qquad (१)$$

जहाँ $\overline{U}_i = \overline{U}_j$ दो आयनों के झिल्ली चरण में पारगम्यता अनुपात है।

टोयोशिमा एवं नोजाकी[16] ने झिल्ली चरण में छोटे आयनों की गतिशीलता एवं गतिविधि गुणांक के लिए गैर–संतुलन थर्मोडायनामिक एवं उपयुक्त मान्यताओं के सिद्धांतों का उपयोग करके झिल्ली विभव एवं द्वि–आयनिक विभव के लिए एक समीकरण प्राप्त किया है। आयनिक अंतःक्रिया, द्रव्यमान प्रवाह और परासरणी प्रभाव के प्रभाव की उपेक्षा की गई। एक ही सांद्रता के दो विभिन्न विद्युत अपघट्य २:१ (सामान्य सह–आयन) को अलग करने वाली एक नकारात्मक चार्ज झिल्ली के लिए, लेखक ने द्वि–आयनिक विभव के लिए निम्नलिखित समीकरण दिया है। जो निम्न है–

$$\Delta E_{BIP} = \left[2\ln K_A/K_B + \ln\left(JV_A + 1/JV_B + 1\right)\right]\left(F/RT\right) \qquad (२)$$

निम्न मापदंडों K_A, K_B, V_A, V_B एवं फ्लक्स J के मान को जानने के बाद, सैद्धांतिक मानों की गणना समीकरण (२) का उपयोग करके की जा सकती है। इन मापदंडों के मूल्यांकन के लिए निम्नलिखित समीकरण दिया गया है।

$$(2J+1)\ln\left(g_A + 2J/g_B + 2J\right) - \ln\left(JV_A + 1/JV_B + 1\right) - \ln\left(g_A/g_B\right) = 0 \; (३)$$

(N = A, B)

जहाँ

$$V_N = 1 + V_N^0 / V_P^0 \qquad (४)$$

और

$$g_N = 1 + \left[1 + \left(2K_N C/\overline{X}\right)^2\right]^{1/2} \qquad (५)$$

सांद्रता(C_2/C_1)	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$ZnCl_2$
1.0/0.1	-12.90	-8.20	4.15
0.5/0.05	-13.20	-10.43	5.60
0.1/0.01	-07.35	9.21	16.12
0.05/0.005	18.45	23.28	33.13
0.01/0.001	23.40	27.70	38.15
0.005/0.0005	28.20	26.54	42.02
0.001/0.0001	31..30	30.36	47.16

समीकरण (४) एवं (५) की सहायता से हम VN एवं X का मान प्राप्त कर लेते हैं। टोयोशिमा एवं नोजाकी[16] ने झिल्ली विभव E_m के लिए एक और समीकरण (६) प्राप्त किया है जो एक झिल्ली के पार उत्पन्न होता है एवं इसका उपयोग अलग–अलग सांद्रता में विद्युतअपघट्य के दो विलयनों को अलग करने के लिए किया जाता है।

$$\left(\frac{F}{RT}\right) Em = -\ln\gamma - \left(1-\frac{2}{V_N}\right) x \ln \frac{\sqrt{1+\left(2C''_N K_N/\bar{X}\right)^2}+\left(1-2/V_N\right)}{\sqrt{1+\left(2C'_N K_N/\bar{X}\right)^2}+\left(1-2/V_N\right)} + \ln \frac{\sqrt{1+\left(2C'_N K_N/\bar{X}\right)^2}+1}{\sqrt{1+\left(2C'_N K_N/\bar{X}\right)^2}+1} \quad (६)$$

जहाँ

$$\gamma = C''_N / C''_N$$

तब

$$\left(F/RT\right)E_m = -\left(1-2/V_N\right)\ln\gamma - 2\left(1-1/V_N\right)x\left(1/V_N\right)\left(1-1/\gamma\right)\left(\bar{X}/K_N\right)\left(1/C''_N\right) \quad (७)$$

सह–आयन के लिए अभिगमन अंक $t_$ को नर्नस्ट समीकरण द्वारा परिभाषित किया गया था

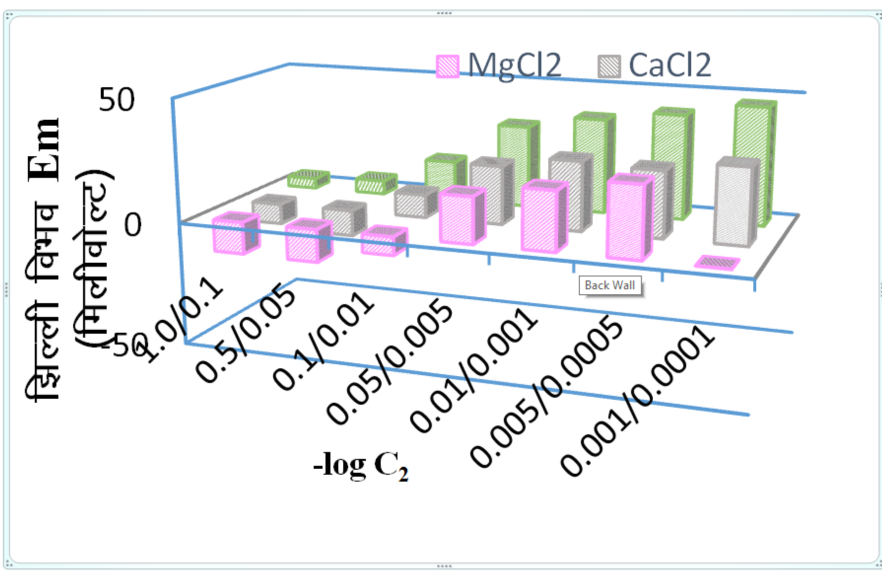
$$-\left(F/RT\right) E_m = \left(1-2t_\right)\ln\gamma \quad (८)$$

समीकरण (८) में झिल्ली विभव (**तालिका–३**) एवं **चित्र–६** का मान उपयोग करने पर अभिगमन अंक $t_$ का मान प्राप्त होता है जिसे **तालिका–४** में दर्शाया गया है।

<u>**तालिका–३**</u>

प्रयोगात्मक झिल्ली विभव E_m (मिलीवोल्ट) के मान

२५ $\pm$ 0.1°C पर क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के आर–पार



तालिका–४: प्रायोगिक रूप से झिल्ली विभव से प्राप्त सह–आयनों की अभिगमन अंक t_ का मान क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के विभिन्न विद्युत अपघट्य सांद्रता पर

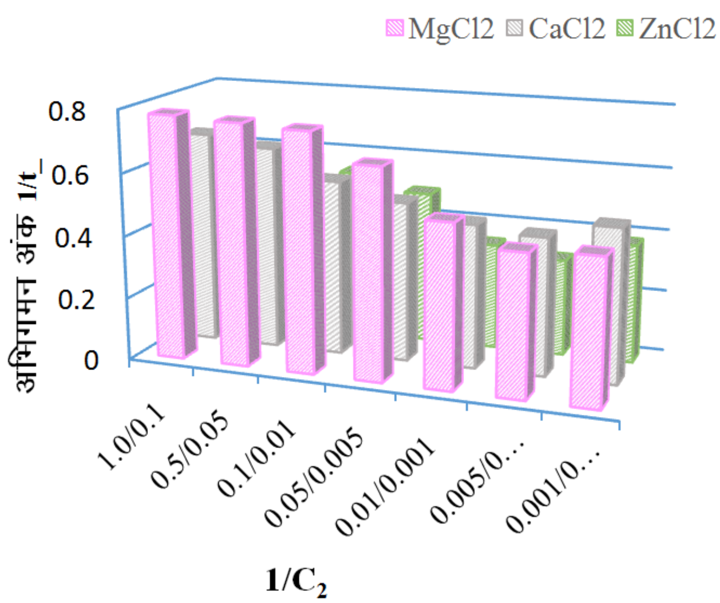
सांद्रता(C_2/C_1)	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$ZnCl_2$
1.0/0.1	0.78	0.68	0.60
0.5/0.05	0.77	0.65	0.57
0.1/0.01	0.76	0.56	0.54
0.05/0.005	0.67	0.51	0.49
0.01/0.001	0.52	0.46	0.34
0.005/0.0005	0.45	0.44	0.31
0.001/0.0001	0.46	0.49	0.38

चित्र–६: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए झिल्ली विभव E_m (मिलीवोल्ट) एवं $-\log C_2$ के बीच ग्राफ

समीकरणों (७) और (८) को मिलाकर 1/t_ का विस्तार करके निम्नलिखित व्यंजक की"$1/CN$ श्रृंखला की घात प्राप्त की गई।

$$1/t_ = V_N + (V_N - 1)\left[\frac{\gamma - 1}{\gamma \ln \gamma}\right](\bar{X}/K_N)(1/C_N'') + ... \qquad (९)$$

समीकरण (९), 1/t_ एवं $1/C_N''$ के बीच एक रैखिक संबंध को व्यक्त करता है। **चित्र–७** का उपयोग करके एवं विभिन्न २:१ विद्युतअपघट्य पर V_N एवं $(\bar{X}/K_N)$ का मान प्राप्त करते हैं जिसे **तालिका–५** में दर्शाया गया है।



चित्र–७: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए 1/t- एवं $1/C_2$ के बीच ग्राफ

तालिका–५

क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली की ऊष्मागतिकीय रूप से प्रभावी स्थिर आवेश घनत्व (eq/1) के मान

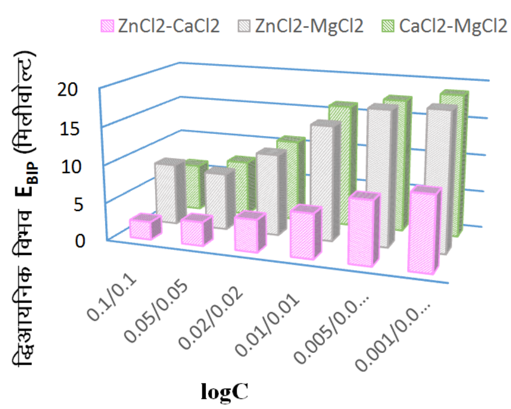
विद्युत अपघट्य	क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के पैरामीटर्स	
	v_N	$(\bar{X}/K_N)$
$MgCl_2$	1.25	0.845
$CaCl_2$	2.99	1.120
$ZnCl_2$	3.98	1.155

विद्युत अपघट्य के विभिन्न युग्मों के संपर्क में चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली में मापे गए द्वि–आयनिक विभव के मान **तालिका–६** में दिए गए हैं एवं logC के बीच ग्राफ भी खींचा गया हैं जिसे **चित्र–८** में दिखाया गया है। द्वि–आयनिक विभव के मान समीकरण (१) में रखते हैं तब पारगम्यता अनुपात का मान प्राप्त होता है जिसे **तालिका–७** में दर्शाया गया है।

तालिका–६

क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए प्रायोगिक रूप से द्वि–आयनिक विभव (मिलीवोल्ट) के मान विभिन्न २:१ विद्युतअपघट्य युग्मों के संपर्क में २५ $\pm$ 0.1°C

सांद्रता (मोल/लीटर)	विद्युत अपघट्य युग्म		
	$ZnCl_2$-$CaCl_2$	$ZnCl_2$-$MgCl_2$	$CaCl_2$-$MgCl_2$
0.1/0.1	2.38	8.19	6.26
0.05/0.05	3.16	7.58	7.40
0.02/0.02	4.29	10.84	10.91
0.01/0.01	5.89	15.20	16.28
0.005/0.005	8.35	17.82	17.60
0.001/0.001	9.79	18.30	18.80

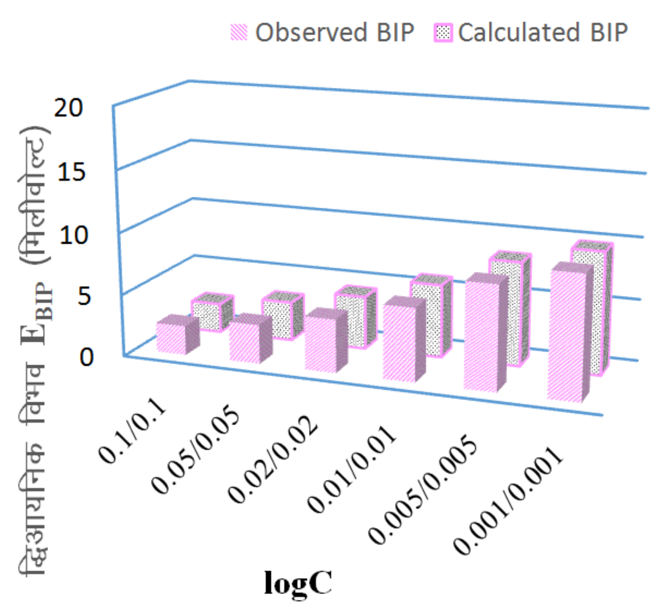


चित्र–८: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए द्वि–आयनिक विभव (मिलीवोल्ट) एवं logC के बीच ग्राफ

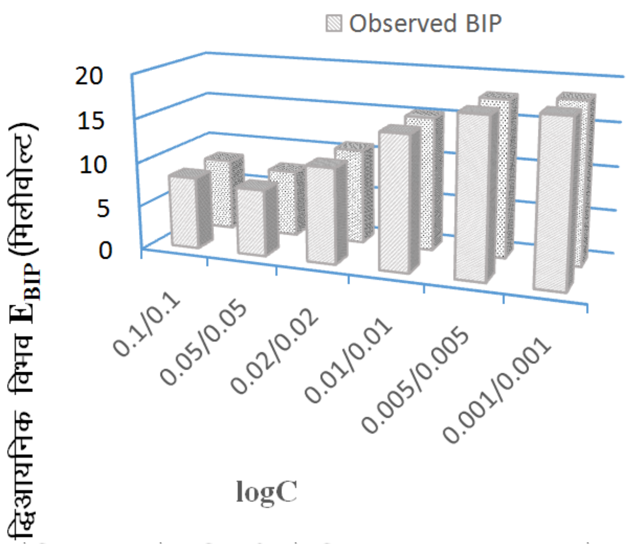
तालिका– ७: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए विभिन्न विद्युत अपघट्य युग्मों का उपयोग करके पारगम्यता अनुपात का मान

सांद्रता (मोल/लीटर)	विद्युत अपघट्य		
	$\bar{u}_{Zn^{++}}/\bar{u}_{Ca^{++}}$ $ZnCl_2$-$CaCl_2$	$\bar{u}_{Zn^{++}}/\bar{u}_{Mg^{++}}$ $ZnCl_2$-$MgCl_2$	$\bar{u}_{Ca^{++}}/\bar{u}_{Mg^{++}}$ $CaCl_2$-$MgCl_2$
0.1/0.1	3.14	3.38	3.25
0.05/0.05	3.06	3.46	3.28
0.02/0.02	3.19	3.37	3.46
0.01/0.01	3.31	3.90	3.80
0.005/0.005	3.48	3.99	3.92
0.001/0.001	3.45	4.28	3.98

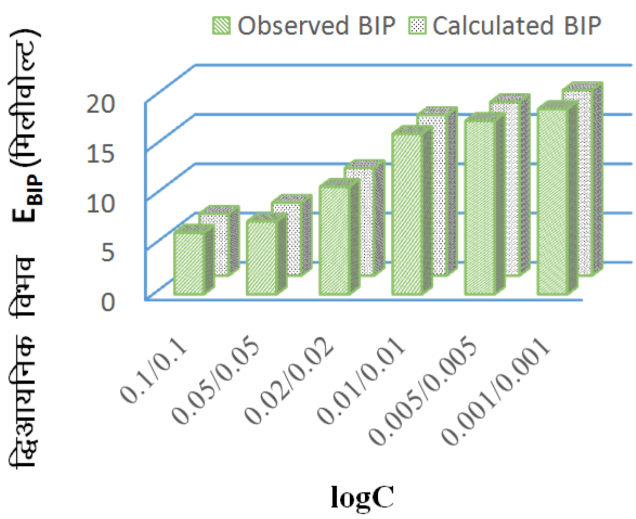
तालिका–५ में, दिए गए मापदंडों V_N एवं $(\bar{X}/K_N)$ के मान समीकरण (३) एवं (४) में उपयोग करने पर J एवं g_N की गणना की जाती है। झिल्ली मापदंडों V_N, g_N, J एवं $(\bar{X}/K_N)$ के मान समीकरण (२) में रखते है तब द्वि–आयनिक विभव का द्वि–आयनिक विभव का सैद्धांतिक मान ज्ञात किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त द्वि–आयनिक विभव के सैद्धांतिक मानों एवं logC के बीच ग्राफ खींच लेते हैं जिसे चित्र–६–११ में टूटी हुई रेखाओं द्वारा दर्शाया गया है। अतः इन्हीं ग्राफ से द्वि–आयनिक विभव के प्रायोगिक मान एवं सैद्धांतिक मान की तुलना करते है एवं द्वि–आयनिक विभव के प्रायोगिक मान को ठोस रेखाओं द्वारा दिखाया गया है। ये तुलना दर्शाती है कि सैद्धांतिक परिणाम हमारे प्रयोगात्मक देखे गए परिणामों से काफी संतोषजनक रूप से लाभदायक हैं, जिससे जांच के तहत टोयोशिमा एवं नोजाकी के सिद्धांतों की पुष्टि होती है।



चित्र–६: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए $ZnCl_2$-$CaCl_2$ युग्मों का उपयोग करके द्वि–आयनिक विभव (मिलीवोल्ट) एवं logC के बीच ग्राफ



चित्र–१०: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए $ZnCl_2$-$MgCl_2$ युग्मों का उपयोग करके द्वि–आयनिक विभव (मिलीवोल्ट) एवं logC के बीच ग्राफ



चित्र–११: क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली के लिए $CaCl_2$-$MgCl_2$ युग्मों का उपयोग करके द्वि–आयनिक विभव (मिलीवोल्ट) एवं logC के बीच ग्राफ

४. **निष्कर्ष**– आयन–इंटरैक्शन विधि का उपयोग करके चर्मपत्र संसेचित क्रोमियम टंगस्टेट झिल्ली को सफलतापूर्वक संश्लेषित किया गया है। कृत्रिम झिल्ली का उपयोग करके ऊष्मागतिकीय रूप से प्रभावी स्थिर आवेश घनत्व के मानों का मूल्यांकन करने के लिए किया गया है। इन समीकरणों में झिल्ली विभव का मान रखने पर, विभिन्न थर्मोडायनामिक झिल्ली मापदंडों का मूल्यांकन किया गया है। झिल्ली के विद्युत रासायनिक गुण के दौरान स्पष्ट अभिगमन अंक $t_{_}$ का मान महत्वपूर्ण कारक रहा है। समान सांद्रता के २:१ विद्युत अपघट्य के विभिन्न युग्मों का उपयोग करके झिल्ली में द्वि–आयनिक विभव के मानों को अपरिवर्तनीय प्रक्रियाओं के थर्मोडायनामिक्स पर आधारित टोयोशिमा और नोजाकी के सिद्धांत को लागू करके मापा गया है। सैद्धांतिक एवं प्रायोगिक मानों के बीच समानता पायी गयी। इस झिल्ली का उपयोग विलवणीकरण एवं अपशिष्ट जल उपचार अनुप्रयोगों में एक महान भूमिका निभाता है।

5. **आभार**– लेखक श्रीमंत माधवराव सिंधिया शासकीय आदर्श विज्ञान महाविद्यालय के प्राचार्य का आभारी हैं। उन्होंने शोध कार्य

से सम्बंधित सुविधाएं प्रदान की एवं स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी, एक्स–रे विवर्तन एवं मौलिक विश्लेषण के लिए अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान संस्थान, नई दिल्ली के निदेशक को आभार व्यक्त करता है।

References

1. Pintauro, P. N., Verbrugge, M. W. (1989) The Electric-potential Profile In Ion-exchange Membrane Pores. J. Membr. Sci., vol. 44, pp.197−212.
2. Tanaka, Y. (2011) Ion-Exchange Membrane Electrodialysis for Saline Water Desalination and its Application to Seawater Concentration. Ind. Eng. Chem. Res., vol. 50, pp. 7494−7503.
3. Li, J., Zhu, J., Yuan, S., Lin, J., Shen, J., Van der Bruggen, B. (2017) Cation-Exchange Membranes with Controlled Porosity in Electrodialysis Application. Ind. Eng. Chem. Res., vol. 56, pp. 8111−8120.
4. Mandakranta Ghosh, Lukas Madauß, Marika Schleberger, Henning Lebius, Abdenacer Benyagoub, Jeffery A. Wood,and Rob G. H. Lammertink (2020), Understanding Mono and Bivalent Ion Selectivities of Nanoporous Graphene Using Ionic and Bi-ionic Potentials, Langmuir, vol. 36, pp.7400−7407.
5. Gomes, D.; Marschall, R.; Nunes, S.P. and Wark, M. (2008) Development of polyoxadiazole nanocomposites for high temperature polymer electrolyte membrane fuel cells, J. Membr. Sci.,vol. 322, pp. 406–415.
6. Shahi, V. K.; Thampy, S.K.andRangarajan, R. (2001) The effect of conducting spacers on transport properties of ion-exchange membranes in electrodriven separation, Desalination,vol. 133, pp.245–258.
7. Kumakiri,Izumi; Murasaki,Kohei; Yamada,Shotaro; Nazihah, Azzah; Che, Binti; Rahim , Abdul and Ishii, Haruyuki (2022) A Greener Procedure to Prepare TiO_2 Membranes for Photocatalytic Water Treatment Applications, Journal of Membrane Science and Research, vol. 8, pp.549416.
8. Nagarale, R.K., Gohil, G.S.; Shahi, V.K.; Trivedi, G.S. and Rangarajan, R. (2004) Preparation and electrochemical characterization of cation- and anion-exchange/ polyaniline composite membranes, J. Colloid Interface Sci.,vol. 277, pp.162–171.
9. Khan, A. A. and Alam, M.M. (2003) Synthesis, characterization and analytical applications of a new and novel 'organic–inorganic' composite material as a cation exchanger and Cd(II) ion-selective membrane electrode: Polyaniline Sn(IV) tungstoarsenate, React. Funct.Polym.,vol. 55, pp. 277–290.
10. Ali, Mohammad Mujahid and Khan, Rafiuddin (2015) Synthesis, estimation of stability in different media, electrochemical properties and potentiometric studies of PVC-based NP ion-exchange composite membrane for desalination and waste water treatment applications, Desalination and Water Treatment, pp.1–8.
11. Geise, G. M.; Cassady, H. J.; Paul, D. R.; Logan, B. E. and Hickner, M. A. (2014) Specific Ion Effects on Membrane Potential and The Permselectivity of Ion Exchange Membranes. Phys. Chem. Chem. Phys., vol. 16, pp. 21673−21681.
12. Wills, G. B. and Lightfoot, E. N. (1966) Transport Phenomena in Ion-Exchange Membranes. Ind. Eng. Chem. Fundam., vol. 5, pp. 114−120.
13. Elsherif, K. M.; El-Hashani, A. and El-Dali, A. (2013) Der Chimica Sinica., vol. 4,no. 6, pp.13.
14. Rashid, M., Ali. S and Ansari, M. A. (2013) Journal of Applicable Chemistry, vol. 2,no. 4, pp. 738.
15. nsari, Afren;Shukla, A.K. and Ansari, Mohd. Ayub (2018) Transport Phenomena Across Parchment Supported Barium Molybdate Synthetic Membrane In Contact With Bi-Uni Valent Electrolytes, Progressive Research – An International Journal, vol. 13 (Special),pp.688-696.
16. Toyoshima, Y. and Nozaki, H.(1970) Journal of Physical Chemistry, vol. 74, pp. 2704.
17. Beg, M.N.; Siddiqi, F.A., and Shyam, R. (1977) Studies with inorganic precipitate membranes: part XIV. Evaluation of effective fixed charge densities,Can. J.Chem,vol. 55, pp. 1680–1686.
18. Beg, M.N.; Siddiqi, F.A.; Shyam, R. and Altaf, I. (1978) Studies with inorganic precipitative membranes: XI. Membrane potential response, characterization and evaluation of effective fixed charge density. J ElectroanalChem. Interfacial Electrochem,vol., 89, pp. 141–147.

19. Beg, M.N.; Siddiqi, F.A.; Singh, S.P.; Prakash, P. and Gupta, V. (1979) Studies with inorganic precipitate membrane: evolution of thermodynamically effective fixed charge density and test of the most recently developed theory of membrane potential based on the principles of non-equilibrium thermodynamics. Electrochem. Acta, vol. 24, pp. 85–88.
20. Beg, M.N. and Matin, M. A. (2002) Studies with nickel phosphate membranes: evaluation of charge density and test of recently developed theory of membrane potential,J. Memb. Sci., vol. 196, pp. 95–102.
21. Elsherif, K. M.; El-Hashani, A. and El-Dali A. (2013) Potentiometric Determination of Fixed Charge Density and Permselectivity for Silver Thiosulphate membrane, Journal of Applicable Chemistry, vol. 2, no. 6, pp. 1543-1551.
22. Arsalan,Mohd; Alam, Fhad and Khan, Imran (2018) Mohammad Oves, Synthesis and characterization of $Co_3(PO_4)_2$ and $Ni_3(PO_4)_2$ composite membranes based on PVC: A Comparative electrochemical studies through aqueous electrolyte solutions, Journal of Membrane Science and Research, vol. 4, pp. 41-50.
23. Marshal , C. E. andKrinbill,C. A. (1942) Journal of American Chemical Society, vol. 64, no. 8, pp. 1814..