

Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, Vol.(27), No.(2): 2019

Excess Molar Volume Calculation and Viscosity Deviation and Excess Gibbs Energy for Binary Solution of 1- Propanol with Butyl Acetate at Temperatures (40,50,60) °C

Zaher Al haddad ^a

Mahmoud Amer ^b

^{a,b}Chemistry department, Science college, Al baath university ,Homs, Syria.

Prince-zaher91@hotmail.com Mahhmud.Amer70@gmail.com

Submission date:- 1/3/2018 Acceptance date:- 7/4/2019 Publication date:- 8/4/2019

Keywords: Density, Viscosity, Excess Thermodynamic properties, 1-Propanol, butyl acetate.

Abstract

In this research, solubility Process of binary liquid solution(1-Propanol and butyl acetate) were studied at temperature(40,50,60)°C. Densities ρ by pycnometer method and viscosity η by OSTWALD tube that calibrated with distilled water was measured. Then excess molar volume V^E was calculated of pure component and its mixtures that was prepared over the entire mole fraction range. It has been observed that excess molar volumes values was negative at all temperatures. After that, the deviation in viscosity $\Delta \eta$ and Excess Gibbs free energy ΔG^E was determined and it has been observed that it is take a negative values at all temperatures. Excess molar volume, deviation in viscosity, excess Gibbs free energy were correlated with Redlich-Kister equation Type polynomial and the showed an accepted standard deviation between the experimental and calculated values it has been shown the effect of Hydrogen bonds formation and the spherical shape for the molecules and its size on the excess thermodynamic properties.

حساب الحجم المولي الإضافي وانحراف اللزوجة وطاقة جيبس الإضافية لمحلول ثنائي من البروبانول-1 مع خلاات البيوتيل عند درجات الحرارة (40,50,60) °C

محمود عامر**

زاهر الحداد*

***,** قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة البعث، حمص، سوريا

Prince-zaher91@hotmail.com

Mahhmud.Amer70@gmail.com

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة عملية الانحلال في المحلول الثنائي (بروبانول-1 مع خلاات البيوتيل)، وذلك عند درجات الحرارة °C (40,50,60). حيث تم قياس كل من قيم الكثافة ρ بطريقة البيكومتر وللزوجة η بطريقة مقياس أنبوب أوستفالد المعايير بالماء المقطر ثم تم حساب الحجم المولي الإضافي V^E لكل من المكونات النقية ومحاليلها التي تم تحضيرها على كامل مجال التركيب المولي للمحلول، وقد لوحظ أن قيم الحجم المولي الإضافي تأخذ قيمة سالبة عند جميع درجات الحرارة بعد ذلك تحديد كل من قيم الانحراف في اللزوجة $\Delta\eta$ ، وطاقة جيبس الإضافية ΔG^E ولوحظ أيضاً أنها تأخذ قيمة سالبة عند جميع درجات الحرارة وقد تم ربط قيم كل من الحجم المولي الإضافي والانحراف في اللزوجة وطاقة جيبس الإضافية بمعادلة Redlich-Kister ذات النوع كثيرات الحدود، كما تم حساب الانحراف المعياري بين القيم التجريبية والقيم الحسابية وكانت قيمته مقبولة وتبين تأثير تشكل الروابط الهيدروجينية والشكل الفراغي للجزيئات وحجمها على الخصائص الترموديناميكية الإضافية.

الكلمات الدالة: كثافة، لزوجة، الخصائص الترموديناميكية الإضافية، بروبانول-1، خلاات البيوتيل.

1) المقدمة:

إن دراسة الخصائص الترموديناميكية الانتقالية للسوائل ومحاليلها له تطبيقات واسعة في مجال العلوم الفيزيائية والكيميائية والهندسية[1]، حيث أن دراسة الخصائص الإضافية كالحجم المولي الإضافي والانحراف في اللزوجة وطاقة جيبس الإضافية يساعد في فهم طبيعة التأثيرات المتبادلة بين سائلين[2]، وإن معرفة هذه الخصائص في المحاليل الثنائية يستخدم في محاكاة تصميم تجهيزات المعامل و ضبط شروط عملها [3].

إن أهمية الخصائص الترموديناميكية الإضافية لا يتوقف فقط عند مفهوم الانتقال والتصميم بل يساهم في توفير المعطيات المناسبة كأساس لتطوير معادلات وعلاقات جديدة [4].

إن أهم التطبيقات العملية لهذا النوع من الدراسة هي المجالات البترولية والبتروكيميائية للتعامل مع مزائج الهيدروكربونات الكحولات والكيوتونات [5].

إن قيم المقادير الإضافية من أجل المحاليل الثنائية تصف انحراف المحلول عن الحالة المثالية، ويتم حسابها لثلاثة عوامل: الأول فيزيائي، وهو ناتج عن وجود تفاعلات غير محددة وتأثيرات فيزيائية متبادلة، والثاني كيميائي: يحدث بسبب انفصال المحلول عموماً إلى طبقات مرتبطة ببعضها، والثالث بنوي: بسبب التركيب الهندسي للجزيئات الموجودة داخل الفراغات التي تتركها الجزيئات الكبيرة وإيضاً بسبب اختلاف الحجم المولية الحرة للمكونات [6].

لذلك تابعنا في بحثنا هذا دراسة هذه المحاليل العضوية السائلة وخصائصها الترموديناميكية والانتقالية واخترنا الأغوال طرفاً أساسياً في الدراسة، حيث تعد الأغوال من المركبات ذات الارتباط الداخلي القوي بروابط هيدروجينية بين جزيئها كما أنها تشكل مثلاً بسيطاً للدراسة نظراً لأهميتها الصناعية والحيوية فهي مادة مزدوجة الانحلال مع

المواد القطبية و اللاقطبية وذلك لوجود السلسلة الكربونية و الزمرة O-H [7-8]، وقد تم اختيار درجات الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (40,50,60) بحيث لا نصل إلى حالة الغليان كما تم اختيار درجات الحرارة متباعدة نوعاً ما للحصول على نتائج أشمل للمقادير الترموديناميكية الإضافية.

ففي دراسات سابقة تم حساب الكثافة واللزوجة من أجل المحاليل الثنائية (نظامي الهبتان مع بعض الأغوال) حيث تمت الدراسة أيضاً عند درجات حرارة مختلفة وهي $^{\circ}\text{C}$ (20, 25, 30, 40)، وقد تم رسم المنحنيات البيانية بين كل من الحجم المولي الإضافي والانحراف في اللزوجة كتابع لتركيب أحد المكونين، وتبين أن الحجم المولي يأخذ قيمة موجبة من أجل جميع الأغوال المستخدمة بسبب تفكك الروابط الهيدروجينية عند الانحلال مع الهبتان، ولوحظ تأثير العامل الفراغي عند استخدام الإيزوبروبانول [9].

وفي دراسة أخرى تم دراسة كل من الكثافة واللزوجة لمحلول من البروبانول - 1 مع مركب 1-4 ديوكسان عند درجات الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (25,30,35,40) وقد تم حساب الحجم المولي الإضافي وتبين أنه يأخذ انحرافات موجبة عن الحالة المثالية كما تم حساب اللزوجة الحركية للمحاليل المحضرة [10].

(1) هدف البحث:

- 1- دراسة تأثير تركيب المحلول ودرجة الحرارة على كل من الكثافة واللزوجة.
 - 2- دراسة تأثير درجة الحرارة على المقادير الترموديناميكية الإضافية
 - 3- دراسة التأثير المتبادل بين الجزئيات في المحلول من وجهة النظر الترموديناميكية.
- (2) المواد والأجهزة المستخدمة:
1. المواد المستخدمة في البحث:

الجدول (1) المواد الكيميائية المستخدمة ونقاوتها ومصدرها

اسم المادة	الشركة المصنعة	النقاوة %	g/mol الوزن الجزيئي
البروبانول - 1	Merck	99.9	60.09
خلات البيوتيل	Merck	99.5	116.16
ماء مقطر	مخبري	-----	18.05

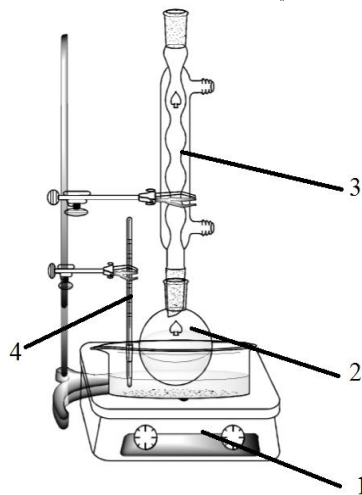
2- الأجهزة المستخدمة في البحث:

الجدول (2) الأجهزة والمعدات المستخدمة ومصادرها

اسم الجهاز	مجال القياس	الشركة المصنعة
مقياس كثافة زجاجي Pycnometer	10 ml	Germany Duran
مقياس لزوجة Ostwald Viscometer	25 ml	Duran
ميزان كتلوي بدقة 0.0001 gr	0.0001-220 gr	Scaltec
مبرد عكوس	-----	Duran
ميزان حرارة	0-102 بدقة $^{\circ}\text{C}$ 0.1	Testo
مقياسية الكترونية	رقمية بدقة 0.1 S	Q&Q
محرك مغناطيسي مع سخان كهربائي	150 $^{\circ}\text{C}$ بدقة 0.01 $^{\circ}\text{C}$	IKA EMG HS 5

٣- طريقة العمل:

تم تحضير المحاليل بأخذ كميات من المكونين بالنسبة للجملة (بروبانول + خلات البيوتيل) بحيث تكون النسب المأخوذة تغطي كامل مجال التراكيب المولية، وتمت عملية الانحلال باستخدام الجهاز الموضح في الشكل (١). تم سحب عينات من الحوجلة ووزنها على الميزان الكتلي لتحديد كثافة المواد النقية والمحاليل المحضرة منها عبر مقياس الكثافة، وتم إعادة التجربة ثلاث مرات لضمان الدقة، وأخذت القيمة الوسطية النهائية [11]. تم قياس اللزوجة باستخدام مقياس أوستفالد (Ostwald Viscometer) على شكل حرف U وتمت معايرته بالماء المقطر داخل حمام مائي بدقة 0.1°C في درجة الحرارة [12].



الشكل (١): جهاز الانحلالية المؤلف من:

- ١- سخان كهربائي مع محرك مغناطيسي ٢- حوجلة زجاجية سعة 100 ml
- ٣- مبرد عكوس ٤- ميزان حرارة زئبقي

النتائج والمناقشة:

أ- حساب الحجم المولي الإضافي [6]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1) \quad \rightarrow \quad V_m = \frac{x_1 M_1 + x_2 M_2}{\rho} \quad (2)$$

$$V^E = \frac{x_1 M_1 + x_2 M_2}{\rho} - \left(\frac{x_1 M_1}{\rho_1} + \frac{x_2 M_2}{\rho_2} \right) \quad (3)$$

m, ρ, V هي الحجم والكثافة والكتلة على الترتيب، و x_1 و x_2 هي تراكيب المكونين الأول والثاني، و M_1, M_2 هي الكتلة المولية الجزيئية للمكونين، و ρ_1, ρ_2 هي كثافة المكونين بالحالة النقية، و V^E, V_m هو الحجم المولي الإضافي والحجم المولي على الترتيب.

ب- حساب الانحراف في اللزوجة [13]:

$$\eta_{sp} = \frac{\rho t}{\rho_w t_w} \quad (4) \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{\rho t}{\rho_w t_w} \eta_w \quad (5)$$

حيث η لزوجة المادة المدروسة و η_w لزوجة الماء المقطر (السائل القياسي).

و ρ و ρ_w كثافة المادة المدروسة والماء المقطر على الترتيب.

و t و t_w زمن انسياب كل من المادة المدروسة والماء المقطر داخل مقياس اللزوجة.

ثم تم الانحراف في قيم اللزوجة من العلاقة:

$$\Delta\eta = \eta_m - (x_1\eta_1 + x_2\eta_2) \quad (6)$$

حيث $\Delta\eta$ هو انحراف اللزوجة و η_m لزوجة المحاليل المحضرة .
 η_1 و η_2 هي لزوجة كل من المكونين النقيين.

ت- طاقة جيبس الإضافية [13]:

تحسب هذه الطاقة من العلاقة:

$$\Delta G^E = RT[\ln\eta_m V_m - (x_1 \ln\eta_1 V_1 + x_2 \ln\eta_2 V_2)] \quad (7)$$

ث- معادلة Redlich – Kister [14] :

تعطى معادلة Redlich – Kister من النوع كثير الحدود الموضحة بالعلاقة:

$$\Delta Y = x_1 x_2 \sum_{i=0}^l A_i (x_1 - x_2)^i \quad (8)$$

حيث تم اعتبار ΔY هي V^E أو $\Delta\eta$ أو ΔG^E حيث تم الحصول على الثوابت A_i من مطابقة المعادلة مع القيم التجريبية وذلك بطريقة المربعات الصغرى:

$$\sigma(\Delta Y) = \left[\frac{\sum (Y_{exp} - Y_{cal})^2}{N-n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

ثم تم حساب الانحراف المعياري من العلاقة (9): حيث Y_{exp} هي قيم انحراف اللزوجة التجريبية، و Y_{cal} هي قيم انحراف اللزوجة، و N عدد النقاط التجريبية، و n هي عدد الثوابت A_i من المعادلة.

الجدول (٣) الخصائص الفيزيائية للمواد النقية المستخدمة

اللزوجة mPa.S	الكثافة (Kg\ m ³)	درجة الحرارة °C	اسم المادة
1.3386	785.0	40	البروبانول - ١
1.0180	776.0	50	
0.9045	768.5	60	
0.5776	858.6	40	خلات البيوتيل
0.5102	848.8	50	
0.4255	837.8	60	
0.6530	992.2	40	ماء مقطر
0.5470	988.0	50	
0.4670	983.0	60	

الجدول (٤): التراكيب المولية لمكونات الجملة والكثافة والحجم المولي والحجم المولي الإضافي عند درجات الحرارة $(40, 50, 60)^\circ\text{C}$

X_1	ρ (Kg\ m ³)	$10^6 V_m$ (m ³ /mol)	$10^6 V^E$ (exp) (m ³ /mol)	V^E (cal) (m ³ /mol)
40^oC				
1	785.0	76.5478	0.0000	0.0000
0.9456	793.0	79.6187	-0.1219	-0.1211
0.8854	800.6	83.0763	-0.1984	-0.1983
0.8185	808.0	86.9616	-0.2461	-0.2372
0.7435	815.0	91.3720	-0.2392	-0.2458
0.6590	822.0	96.3580	-0.2171	-0.2335
0.5630	829.4	101.9873	-0.2263	-0.2087
0.4530	836.5	108.4937	-0.1805	-0.1748
0.3258	843.6	116.0402	-0.1107	-0.1249
0.1768	851.0	124.8486	-0.0551	-0.0487
0	858.6	135.2900	0.0000	0.0000
50^oC				
1	776.0	77.4356	0.0000	0.0000
0.9456	784.3	80.5019	-0.1632	-0.1340
0.8854	791.6	84.0209	-0.2188	-0.2709
0.8185	800.3	87.7983	-0.4195	-0.3952
0.7435	807.8	92.1864	-0.4855	-0.4888
0.6590	815.5	97.1260	-0.5667	-0.5339
0.5630	822.0	102.9054	-0.4905	-0.5173
0.4530	828.7	109.5148	-0.4159	-0.4389
0.3258	835.7	117.1371	-0.3561	-0.3201
0.1768	842.1	126.1681	-0.1784	-0.1936
0	848.8	136.8520	0.0000	0.0000
60^oC				
1	768.5	78.1913	0.0000	0.0000
0.9456	774.8	81.4889	0.0115	-0.0565
0.8854	783.8	84.8570	-0.2576	-0.2499
0.8185	793.2	88.5842	-0.5783	-0.5249
0.7435	801.7	92.8879	-0.8067	-0.8103
0.6590	810.0	97.7855	-1.0179	-1.0256
0.5630	816.8	103.5606	-1.0460	-1.0968
0.4530	823.4	110.2198	-1.0360	-0.9865
0.3258	828.0	118.2264	-0.7244	-0.7336
0.1768	833.2	127.5158	-0.4434	-0.4473
0	837.8	138.6488	0.0000	0.0000

الجدول (٥) زمن الجريان واللزوجة وانحراف اللزوجة وطاقة جيبس الاضافية عند درجة الحرارة (40,50,60)

 $^{\circ}\text{C}$

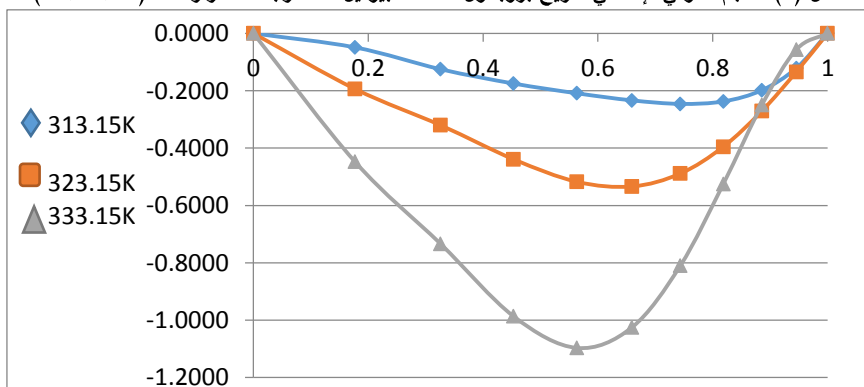
X_i	t (Sec)	η mPa.S	$10^6\Delta\eta$ (exp) mPa.S	$\Delta\eta$ (cal) mPa.S	ΔG^E (Exp) (KJ.mol ⁻¹)	ΔG^E (Cal) (KJ.mol ⁻¹)
40^oC						
1	46.9	1.3387	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.9456	41.8	1.2053	-0.0936	-0.0971	-0.1393	-0.1639
0.8854	37.1	1.0800	-0.1747	-0.1763	-0.2793	-0.2900
0.8185	32.9	0.9666	-0.2391	-0.2308	-0.4101	-0.3777
0.7435	30.3	0.8979	-0.2528	-0.2570	-0.4296	-0.4276
0.6590	27.9	0.8339	-0.2549	-0.2570	-0.4346	-0.4410
0.5630	25.9	0.7811	-0.2373	-0.2381	-0.4013	-0.4199
0.4530	23.8	0.7239	-0.2139	-0.2089	-0.3742	-0.3653
0.3258	22.2	0.6810	-0.1635	-0.1673	-0.2842	-0.2755
0.1768	20.9	0.6467	-0.0886	-0.0874	-0.1413	-0.1477
0	19.4	0.6057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50^oC						
1	41.20	1.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.9456	38.7	0.9603	-0.0240	-0.0369	-0.0185	-0.0736
0.8854	34.4	0.8615	-0.0926	-0.0801	-0.1765	-0.1491
0.8185	31.7	0.8026	-0.1179	-0.1170	-0.2280	-0.2142
0.7435	29.4	0.7514	-0.1316	-0.1377	-0.2511	-0.2556
0.6590	27.2	0.7018	-0.1388	-0.1381	-0.2682	-0.2609
0.5630	25.8	0.6709	-0.1215	-0.1218	-0.2040	-0.2237
0.4530	24.2	0.6345	-0.1029	-0.0993	-0.1530	-0.1510
0.3258	22.7	0.6002	-0.0734	-0.0765	-0.0822	-0.0717
0.1768	21	0.5595	-0.0394	-0.0383	-0.0254	-0.0304
0	19	0.5102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60^oC						
1	38.70	0.9046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.9456	36.00	0.8483	-0.0307	-0.0269	-0.0396	-0.0387
0.8854	33.50	0.7986	-0.0523	-0.0571	-0.0685	-0.0890
0.8185	30.40	0.7334	-0.0861	-0.0846	-0.1561	-0.1438
0.7435	27.80	0.6779	-0.1065	-0.1044	-0.2101	-0.1938
0.6590	25.70	0.6331	-0.1116	-0.1137	-0.2199	-0.2285
0.5630	23.60	0.5863	-0.1134	-0.1124	-0.2320	-0.2380
0.4530	21.80	0.5459	-0.1022	-0.1028	-0.2088	-0.2164
0.3258	20.00	0.5037	-0.0848	-0.0844	-0.1823	-0.1664
0.1768	18.60	0.4714	-0.0473	-0.0474	-0.0914	-0.0991
0	17.10	0.4357	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ان قيم كل من الحجم المولي الإضافي تمت مطابقتها وتصحيحها عبر معادلة Redlich – Kister وتم حساب ثوابت هذه المعادلة في الجدول التالي كما تم حساب الانحراف المعياري بين القيم التجريبية والقيم الحسابية لهذه المقادير:

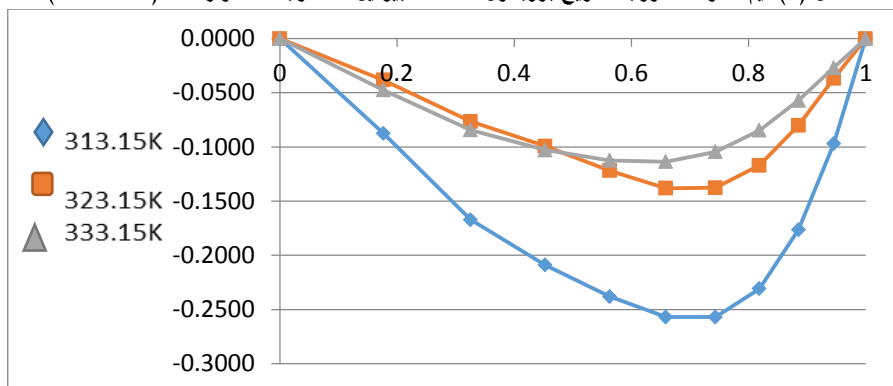
الجدول (٦) ثوابت معادلة Redlich Kister والانحراف المعياري للمقادير الإضافية

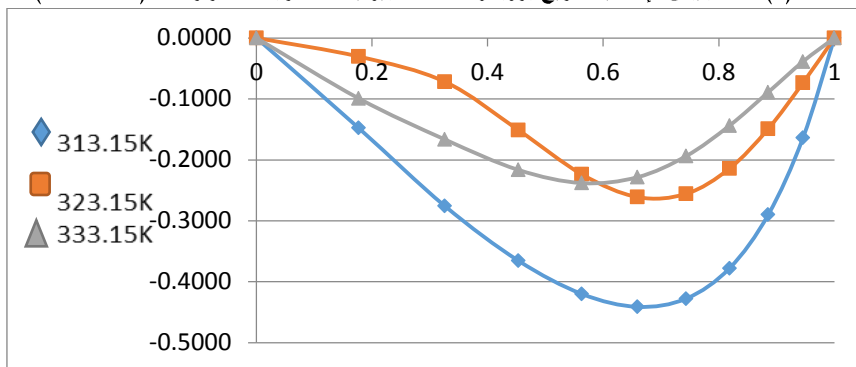
Parameter	T (°C)	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	σ
ΔV ^E	40	-4.700	3.625	-2.134	-6.625	-----	0.048
	50	-4.364	-4.190	-3.686	-1.055	-----	0.0532
	60	-5.546	-5.471	-0.646	3.373	-----	0.0882
Δη	40	-1.353	-0.929	-0.110	0.371	0.074	0.0077
	50	-0.891	-0.564	-0.202	0.469	0.771	0.0017
	60	-0.744	-0.354	-0.180	0.156	0.645	0.0049
ΔG ^E	40	-3380.8	-1467.8	1166.5	1446.9	-----	0.0315
	50	-2786.1	-1258.8	1600.7	1890.4	-----	0.0213
	60	-2651.1	-559.9	1543.3	548.5	-----	0.0231

الشكل (٢) الحجم المولي الإضافي لمزيج بروبانول+خلات البيوتيل عند درجات الحرارة (40,50,60) °C



الشكل (٣) قيم انحراف اللزوجة لمزيج بروبانول+خلات البيوتيل عند درجات الحرارة (40,50,60) °C



الشكل (٤) طاقة جيبس الإضافية لمزيج بروبانول+خلات البيوتيل عند درجات الحرارة $(40,50,60)^{\circ}\text{C}$ 

نلاحظ من المنحنيات البيانية السابقة ما يأتي:

نلاحظ من المنحنيات أن الحجم المولي الإضافي يأخذ قيمة سالبة ويعزى السبب إلى الارتباط بين الجزيئات المتعاكسة بالقطبية عبر روابط هيدروجينية عند تشكيل المحلول وذلك بسبب قطبية كل من الكحول والاستر مما يجعل الحجم المولي لحالة المحلول أصغر من محصلة الحجمين الموليين للمكونين النقيين [15].

ان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى انحراف أكثر سلبية في قيم الحجم المولي الإضافي يعزى ذلك إلى ازدياد الاختلاف بين الحجمين الموليين لمكوني المحلول.

ومن ثم تدخل الجزيئات الأصغر وهي البروبانول -1 داخل الفراغات في بنية الأستر مما يسبب انخفاضاً في حجم المحلول الكلي عند ثبات محصلة الحجمين الموليين لكل من الكحول والأستر كما انه بارتفاع درجة الحرارة الحجم المولي للمكونين النقيين يزداد أي ان الحد الثاني من العلاقة يزداد على حساب الحد الأول الخاص بالمحلول وطبعاً السبب هو انكسار الروابط الهيدروجينية وتفككها [16].

ان قيم فرق اللزوجة تعدّ سالبة بسبب قوى التشتت التجاذبية وقطبية الجزيئات وخاصة في حالات حجوم الجزيئات المختلفة [17]-[7]، وبسبب تشكل رابطة هيدروجينية بين الزمرتين (C=O.....OH) حيث CO من الأستر والزمرة OH من الكحول.

تبين قيم الانحراف في اللزوجة عند ازدياد درجة الحرارة أن قيم الانحراف في اللزوجة تأخذ قيمة أقل سلبية والسبب أنه بارتفاع درجة الحرارة تتفكك الروابط الهيدروجينية الداخلية في بنية جزيئات الكحول والأستر مما يقلل من لزوجتها بينما عدد هذه الروابط المتفككة أكبر من عدد الروابط الهيدروجينية المتفككة بين الجزيئات داخل المحلول، كما تبين أن قيم طاقة جيبس الإضافية سالبة أيضاً بسبب قوى التشتت بازياد درجة الحرارة تأخذ قيمة أقل سلبية تتفكك الروابط الهيدروجينية الداخلية مما يدل أيضاً أنه بازياد درجة الحرارة يزداد قرب الجملة المدروسة من الحالة المثالية [16].

الاستنتاجات:

يأخذ الحجم المولي الإضافي والانحراف في اللزوجة وطاقة جيبس الإضافية قيمة سالبة ويفسر ذلك ترموديناميكياً بسبب تشكل روابط هيدروجينية بين الجزيئات المتعاكسة بالقطبية وذلك بسبب وجود الزمر القطبية (C=O.....OH) في كل من البروبانول وخلات البيوتيل، كما لوحظ أن درجة الانحراف تعطي قيمة أكثر سلبية للحجم المولي الإضافي بينما تعطي قيمة أقل سلبية للانحراف في اللزوجة وطاقة جيبس الإضافية ويفسر ذلك بسبب تشكل الروابط بين الجزيئات والتأثيرات المتبادلة بينها وقوى التشتت التجاذبية.

CONFLICT OF INTERESTS

There are no conflicts of interest.

References:

- [1]Purohit S., Suthar S.S., Vyas .M., Beniwal R.C., Studies on Transport Behaviour of a Binary Liquid Mixture of Ethanol and Toluene at 298.15K in Terms of Viscosity Models, American Institute of Physics,10,(08001-1,080015-4),2018.
- [2]Maulage S.B., Machale R. G., Gayakwad S.V., Naikwade S.D., viscosity, Excess molar volumes and excess Gibbs free energy of activation of binary systems of Benzaldehyde with Methanol, Ethanol, N-Propanol and N-Butanol over The Entire Range of All Compositions At 298.15, 308.15 AND 318.15 K, Int.J.Chem.Sci & Res, v7 i2, ma 17 , 01 – 14,2017.
- [3]Dubey G.B., Kumar K.,Thermodynamic properties of binary liquid mixtures of diethylenetriamine withalcohols at different temperatures, Thermochimica Acta ,524 , 7– 17,2011.
- [4]Jazie A.A.,Nuhma M.,J, Excess Thermodynamic Properties and Ftir Spectroscopy of Aceton Isopropanol Liquid Binary Mixture,Journal of University of Babylon,Engineering Sciences, Vol.(26), No.(2),97-105,2018
- [5]Saxena C.M.,Saxena A.,Srivastava A.K., Shukla N.K,Densities Viscosities and Ultrasonic Studies of Binary Liquid Mixture of Ethylamine and Benzyl Alcohol at Different Temperatures,American Chemical Science Journal3(4),468-478,2013.
- [6]Dikio E.D., Nelanal S. M., Isabirye D.A., Ebenso E.E., Density, Dynamic Viscosity and Derived Properties of Binary Mixtures of Methanol, Ethanol, n-Propanol, and n-Butanol with Pyridine at T = (293.15, 303.15, 313.15 and 323.15) K", Int. J. Electrochem. Sci, 7, pp 11101 – 11122,2012.
- [7]Al-Jimaz A.S., Al-Kandary J.A., Abdul-Latif A.M, Densities and viscosities for binary mixtures of phenetole with 1-pentanol, 1-hexanol, 1-heptanol, 1-octanol, 1-nonanol, and 1-decanol at different temperatures ,Fluid Phase Equilibria , 218 ,pp 247–260,2004
- [8]Agarwal H.,ultrasonic, viscometric and volumetric studies of some molecular species exhibiting complex formation in solution, univercity of Lucknow, Lucknow, 226 007,India, 2014.
- [9]BUDEANU M.M ., DUMITRESCU.V., Densities and viscosities for binary mixtures of n-heptane with alcohols at different temperatures , J. Serb. Chem , Romania 82 pp 891–903,2017.
- [10]Contreras M.S., Densities and Viscosities of Binary Mixtures of 1,4-Dioxane with 1-Propanol and 2-Propanol at (25, 30, 35, and 40)°C , Universidad de Chile, Casilla 233, Santiago 1, Chile,1149-1151,2001.
- [11]Pal A., Dass G. , Excess molar volumes and Excess partial molar volumes of diethylene glycol monoethyl ether – n – alcohol mixtures at 298.15K , Indian Journal of chemistry , 38A , pp 237-243,1999.
- [12]Oswal S.L., Patel I.N ., Modi P.S.,Barad S._A .,Viscosities and Excess Molar Volumes ofBinary Mixtures of Alkyl Acetates with Di-, Tri-, and Tetrachloroethane , International Journal of Thermophysics , 21 pp681-694,2000.
- [13]Srinivasu J.V., Narendra K ., Dey R., SrinivasaRao G., SubbaRao B., Molecular interaction in binary mixtures of 1,4- butanediol + picolines :Viscometric approach , Indian journal of chimestry , 65A pp 1154-1160,2017.

[14] Redlich O., Kister A.T., Algebraic representation of thermodynamic properties and the classification of solutions, *Ind. Eng. Chem.* 40(2) pp 345-384, 1948.

[15] Ali A., Nain A.K., Thermodynamic study of formamide + ethanol binary mixtures at various temperatures, *Indian journal of chemistry*, 35A., pp 751-757, 1996.

[16] Ali A., Nain A.K., Chand D., Lal B., Volumetric and viscometric studies on N,N-dimethylacetamide + 1-hexanol\1-heptanol binary liquid mixtures at different temperatures, 41 pp 928-938, 2003.

[17] Jaana V., Nallani S., Thermodynamic and Transport Properties of Binary Liquid Mixtures of N-Methylacetamide with Alkyl (Methyl, Ethyl, N-Propyl and N-Butyl) Acetates At 308.15 K" *Rasayan J. Chem*, 1(3), pp 602-608, 2008.