------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 17، العدد 1، ص82-94، 2006 ------

حساب عامل الانتشار الحراري لسائل عضوي متعدد المركبات بطريقة عمود الانتشار الحراري

عاصم عبدالكريم عزوز انور الفيضي جاسم محمد رجب

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2001/3/14 ؛ تاريخ القبول 2001/5/9)

الملخص

تم في هذا البحث حساب عامل الانتشار الحراري لسائل عضوي متعدد المركبات بموجب علاقـة رياضية تم اشتقاقها لهذا الغرض. تم التأكد من عملية فصل السائل العـضوي بالاعتمـاد علـى بعـض الخواص الفيزيائية كذلك امكن حساب عامل الفصل لنفس السائل ومن خلال عمود الانتشار الحراري الذي بني خصيصاً لهذا الغرض.

Calculation of Thermal Diffusion FactorOf Multi Mixture Organic Liquid by Thermal Diffusion Column

Asem A. Azoz Anwar M. Al-Faydhi Jasim M. Rijab

Department of Physics
College of Science
Mosul University

ABSTRACT

The thermal diffusion factor was calculated for multi mixture organic liquid was calculated a special mathematical relation was drived for this purpose. The separation was confirmed using four physical parameters. The separation factor was measured through the thermal diffusion column specially build for this purpose.

المقدمة

عالجت معظم البحوث المتعلقة بظاهرة الانتشار الحراري مسألة مهمة واحدة وهي عملية حساب عامل الانتشار الحراري (Thermal diffusion factor) لخليط ثنائي التركيب (Binary Mixture) . (Saviron et al., 1975; Leyaroovsk et al., 1978; Ecenarro et al., 1994; Ecenarro et al., 1999) ولكن مسالة الخلائط المتعددة المكونات لم تعالج في اي من المصادر علما ان هذه المسألة تكتسب اهمية كبيرة في التطبيقات الصناعية العضوية كالنفط والزيوت والمستحلبات وغيرها.

كما ان معامل الانتشار الحراري هو كمية فيزياوية ذات علاقة مباشرة بطبيعة القوى الجزيئية العاملة بين الجزيئات لذا فقد تم دراسة الموضوع بشكل تفصيلي.

يعرف عامل الانتشار الحراري في عمود كلوسيس-ديكل Clauses-Dikel column على انه كمية انتقالية يمكن الحصول عليها من الانحدار الحراري في حالة الاستقرار (Horne and Bearman, 1962) ولقد استعمل عامل الانتشار الحراري ويرمز له (α_T) بشكل واسع لدراسة التفاعلات الداخلية بين انواع الجزيئات وهو حساس جداً للتغيرات الثانوية التي تبرز في هذه التفاعلات (Ecenaro et al., 1989) ويمكن حساب α_T كما يلي:

$$\alpha_T = \frac{\ln Q}{\ln(T_h / T_c)}$$

حيث Q تمثل عامل الفصل، T_h, T_c درجة الحرارة الساخنة والباردة على التوالي

يتعرض هذا البحث لمسألة حساب معامل الانتشار الحراري لسائل عضوي يحتوي على عدد كبير من المكونات. وهي عملية ليست سهلة اذ ان معظم البحوث تتحدث عن كيفية حساب α_T للخلائط الثنائية مبتعدة عن الخلائط متعددة المكونات لكونه اكثر تعقيداً. ولتسهيل مهمة المعالجة الرياضية لهذا الموضوع فقد تم اعتبار ان جميع مكونات الخليط هي بنسب متساوية اي ان التوزيع هو توزيع متساوي او ما يطلق عليه بالتوزيع الابيض White distribution ولقد تم استخدام نتائج هذه الحسابات لغرض قياس عامل الانتشار الحراري α_T وبعض الخواص الفيزياوية الاخرى لسائل زيت المحركات.

الجزء النظري

نظراً لعدم وجود الية رياضية في المصادر لحساب عامل الانتشار الحراري لخليط متجانس مكون من عدد كبير من المركبات ذات الاوزان الجزيئية المتصاعدة فقد قمنا بأجراء هذه الحسابات لغرض التوصل الى علاقة بين عامل الانتشار الحراري والكثافة في القسم العلوي والسفلي من السائل المفصول.

لقد اعتبرنا ان السائل هو خليط مكون من عدد كبير جداً من انواع الحزيئات X_m . ان الفرضية الاخرى التي استخدمت هنا هي ان نسب جميع مكونات الخليط (x) N هي متساوية وهذا ما اطلق عليه اسم التوزيع الابيض (White distribution) (Waard and Lazarus,1966). ان من الممكن تطوير الطرائق التي تم استخدامها هنا عند دراسة توزيعات غير متجانسة مثل التوزيع الكاوسي او التوزيع الماكسويلي .

يتم هنا التركيز على عد التوزيع هو ما يسمى بالتوزيع الابيض(White distribution) كما في الشكل .

في هذه الحالة يقسم هذا التوزيع الى قسمين متساويين الاول يمثل الاوزان الجزيئية التي تقل عن معدل الوزن الجزيئي الكلي ويمثل الجزء الخفيف في الخليط في حين تعد الاوزان الجزيئية التي تزيد عن معدل الوزن الجزيئي الكلي في الجزء الثقيل من الخليط.

اثناء عملية الفصل سوف ينفصل هذان الجزءان الى الاعلى والاسفل من عمود الانتشار وفي هذه الحالة تكون كثافة السائل في الجزء العلوي في ρ_T وتساوي :

$$\rho_T= C_{1T}\rho_1+C_{2T}\rho_2 \quad \text{.....(1)}$$

اذ ان C_{1T} و C_{2T} هي تراكيز نسبية بالنسبة الى السائل الاول والثاني على التوالي في الجزء العلوي.

ρ_1 و ρ_2 هي كثافة السائل الخفيف والثقيل على التوالي ايضاً.

في حين ان كثافة السائل في الجزء السفلي ρ_B تساوي :

$$\rho_B= C_{1B}\rho_1+C_{2\,B}\rho_2 \quad \text{.....(2)}$$

حيث ان C_{1B} و $C_{2\ B}$ تمثل تراكيز نسبية بالنسبة للسائل الاول والثاني على التوالي في الجزء السفلي.

و ρ_1 و ρ_2 كثافة السائل الخفيف والثقيل على التوالي.

ولكن

$$C_{2T}=1-C_{1T} \quad \text{.....(3)}$$
$$C_{2B}=1-C_{1B} \quad \text{.....(4)}$$

ومن خلال هذه الفرضيات تم التوصل الى :-

$$Q = \frac{(\rho_T - \rho_2)(\rho_1 - \rho_T)}{(\rho_B - \rho_2)(\rho_1 - \rho_B)} \qquad \text{----------(5)}$$

من ثم

$$\rho_2 = \frac{3}{2}\rho_\circ \qquad \text{----------(6)}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{2}\rho_\circ \qquad \text{----------(7)}$$

ومن المعادلتين (7) , (6) تم ايجاد قيمة ρ_1 وρ_2 على التوالي، وبتعويض قيمتها في المعادلة (5) احتسب عامل الفصل Q (separation factor).(تفاصيل اخرى عن الاشتقاق مذكورة في المصدر

.(Rijab, 2000)

واحتسب عامل الانتشار الحراري α_T (Thermal diffusion factor) من خلال العلاقة الاتية : [AL-Faydhi 1998]

$$\alpha_T = \frac{\ln Q}{\ln(T_h / T_c)} \qquad \text{.....(8)}$$

حيث ان T_c درجة حرارة الجدار البارد (درجة حرارة التبريد)

T_h درجة حرارة الجدار الحار(درجة حرارة التسخين)

اما الحرارة النوعية (specific heat) فقد احتسب باستخدام العلاقة الاتية : (Hamdon, 1997)

$$C_p=(403+8x10^{-4}\ t)\ p^{-1/2} \qquad \text{----------(9)}$$

حيث ان C_p تمثل الحرارة النوعية

ρ تمثل كثافة النموذج

t تمثل درجة الحرارة

وبالنسبة لقيمة التوصيل الحراري (Thermal Conductivity) فقد احتسب من خلال العلاقة الاتية :(Hamdon, 1997)

$$k = \frac{0.28}{\rho}(1 - 5.4x10^{-4})x10^{-3} \qquad \text{----------(10)}$$

حيث ان k تمثل التوصيل الحراري

ρ تمثل الكثافة

اما ثابت العزل (Dielectric Constant) فقد احتسب باستخدام العلاقة الاتية :

$$\in = \frac{C}{C_{\circ}} \qquad \text{----------(11)}$$

حيث ان ∈ تمثل ثابت العزل

C◦ سعة المتسعة في الهواء

C سعة المتسعة في النموذج المفصول.

الجزء العملي

تم تصميم عمود الانتشار الحراري الذي استخدم في هذا البحث بحيث يتكون من ثلاثة انابيب اسطوانية مجوفة متحدة المركز اقطارها الخارجية (21.5mm) و (33.5 mm) و(90mm) من الداخل الى الخارج على التوالي، لتتداخل هذه الانابيب في بعضها لتكون الجدار الحار (الانبوب الداخلي) والجدار البارد(الانبوب الوسطي) والغلاف الخارجي لدورة التبريد (الانبوب الخارجي) كما في الشكل(1) وللتخلص من الحجم الميت (Dead Volum) فقد تم وضع الانبوب بشكل معاكس للأنابيب المستخدمة في بحوث سابقة .

علماً ان طول الانبوب الفعال هو (1.5 m) (تفاصيل اخرى يمكن الاستفادة منها في المصدر، (Rijab, 2000) . تم فصل الزيت المصنع في مصافي الدورة والمستخدم لمحركات السيارات باستخدام عمود الانتشار الحراري (Thermal diffusion Column) عند ثلاث درجات حرارية (331, 341.5 و358) (اي على ثلاث مراحل حيث ان كل درجة حرارة تمثل مرحلة)، اذ رتبت الدارة الكهربائية وجهاز تبريد الماء للحصول على الدرجة الحرارية المختارة لاستقرار الحالة والمقاسة بواسطة المزدوج الحراري (Thermocouple).

لكل مرحلة من المراحل الثلاث المذكورة تم تشغيل العمود لخمس فترات زمنية(2, 4, 6, 8) ساعة، وبعد كل فترة تشغيل سحب النموذج العلوي عبر فتحة النموذج العلوي والنموذج السفلي عبر فتحة النموذج السفلي.

تعد الكثافة (Density) معلماً جيداً للتأكد من حدوث الفصل وعدمه اذ انها تسيطر على اتجاه الفصل (Ecenarro et al., 1991)، لذلك قيست كثافة النماذج العلوية والسفلية بعد كل فترة تشغيل للتأكد من حدوث الفصل .وتبين ان هناك فروقات واضحة في الكثافات للنماذج المفصولة العلوية والسفلية.

الشكل 1: يبين عمود الانتشار الحراري.

تعد الكثافة (Density) معلماً جيداً للتأكد من حدوث الفصل وعدمه اذ انها تسيطر على اتجاه الفصل [Ecenarro et.al.1991]، لذلك قيست كثافة النماذج العلوية والسفلية بعد كل فترة تشغيل للتأكد من حدوث الفصل .

وتبين ان هناك فروقات واضحة في الكثافات للنماذج المفصولة العلوية والسفلية.

ولغرض التأكد من حدوث الفصل كان لا بد من اجراء عدد من القياسات على النماذج المأخوذة. وقد استخدم اربعة معاليم من اجل ذلك وهي الكثافة (Density) والحرارة النوعية (Specific Heat) والتوصيل الحراري (Thermal Conductivity) وثابت العزل (Dielectric Constant)، وكانت نتائجها تدل على حدوث فصل لمركبات زيت السائل الذي تم استعماله في هذا البحث .

النتائج والحسابات

اظهرت النتائج ان المركبات ذات الكثافة العالية تتركز في الجزء السفلي من العمود اما المركبات ذات الكثافة الواطئة فقد تركزت في الجزء العلوي منه وكما موضح في الشكل (2) حيث تبين العلاقة بين الزمن (T) والكثافات (ρ) للنماذج العلوية والسفلية .

الشكل 2: يوضح العلاقة بين تغير الكثافة للنموذج العلوي والسفلي مع الزمن للمرحلة الاولى K^o (331).

ويبين الشكل (3) نموذج من العلاقة بين الحرارة النوعية مع الزمن .والتي تم حسابها من خلال العلاقة (9).

التوصـيل الحـراري (k) (Thermal Conductivity) تـم حـسابه باسـتخدام المعادلـة(10) وظهرت فروقات في قيم التوصيل الحراري للنماذج العلوية والسفلية المفصولة اذ كانت قيمهـا للنمـاذج العلوية اعلى من قيمها للنماذج السفلية ، والشكل (4)

الشكل 3: يوضح العلاقة بين تغير الكثافة للنموذج العلوي والسفلي مع الزمن للمرحلة الثانية K^{o} (341.5).

الشكل 4: يوضح العلاقة بين تغير قيم الحرارة النوعية للنموذج العلوي والسفلي مـع الـزمن للمرحلـة الثانية K^{o} (341.5).

تبين العلاقة بين الزمن (t) وقيم التوصيل الحراري (k) للنماذج العلوية والسفلية المفصولة.

اما بالنسبة الى ثابت العزل (∈) (Dielectric Constant) فقد سجلت سعة المتسعة المستخدمة في الهـواء وكانـت سـعتها (300pF) بيكوفـاراد بواسـطة جهـاز قيـاس المتـسعة (Model CM [(Capacitancemeter)](108 ثم وضعت المتسعة في الزيت المفصول لايجاد سعتها بوجود الزيت بـين صفائحها وبعدها اخذت سعتها بارتفاع درجة حرارة الزيت وذلك باستخدام حمام مائي ومن ثم ايجاد ثابت العزل باستخدام المعادلة (11)، وقد اظهرت النتائج ان هناك فرقاً واضحاً بين قيم ثابت العـزل للنمـاذج العلوية وقيمها للنماذج السفلية اذ كانت قيمها للنماذج العلوية اقل من قيمها للنماذج السفلية الا في عدد من الحالات حدث العكس وبخاصة عند التيارات العالية .

سجلت نتائج سعة المتسعة داخل النماذج بارتفاع درجة الحرارة، تم ايجاد ثابت العزل (Dielectric Constant) (∈) لها والشكل (5) تبين العلاقة بين درجة الحرارة (T) وثابت العزل (∈) للنماذج العلوية والسفلية المفصولة لفترة اربع ساعات من عمل العمود.

الشكل 5: يوضح العلاقة بين تغير قيم الحرارة النوعية للنموذج العلوي والسفلي مع الزمن للمرحلة الثانية K^o (358).

حساب عامل الفصل Q : Calculation Separation Factor

لايجاد عامل الفصل (Q)فقد تم قياس قيمة (ρ_o) التي تمثل كثافة الزيت غير المفصول (قبل الفصل) وكانت تساوي:

$\rho_{\circ}=0.8902452\ gm/cm^3$

ومن المعادلتين (6),(7) تم ايجاد قيمة ρ_1 , ρ_2 على التوالي ومن ثم حـسبت قيمـة (Q) عامـل الفـصل (Separation Factor) من المعادلة (5) للنماذج المفصولة العلوية والسفلية وللفترات الزمنية الخمسة لعمل العمود.

الجدول (1) يبين قيم (Q) للمراحل الثلاث (331, 341.5, 358) K° ولفترات التشغيل الخمس لعمل العمود، والشكل (6) تمثل العلاقة بين الزمن (t) وعامل الفصل (Q).

الجدول 1:قيم عامل الفصل (Q) للمراحل الثلاث مع الزمن

Time t Hour	331K	341.5 K	358 K
	Q	Q	Q
2	1.0074322	1.0106694	1.0150659
4	1.0123347	1.0132521	1.0179068
6	1.0159199	1.0174905	1.0203797
8	1.0174055	1.0182267	1.0201505
10	1.0183641	1.0190965	1.0237783

الشكل 6: يوضح العلاقة بين تغير قيم التواصل الحراري للنموذج العلوي والـسفلي مـع الـزمن للمرحلة الاولى K^{o} (331).

حساب عامل الانتشار الحراري α_T: Calculation Thermal Diffusion Factor

حسبت (α_T) باستخدام المعادلة (8) ولجميع فترات التشغيل للعمود، والجدول (2) يبين النتـائج لقـيم(α_T) للمراحل الثلاث من العمل K (331,341.5,358)، والشكل (7)تمثل العلاقة بـين الرمـز (t) وعامـل الانتشار الحراري(α_T) [Thermal Diffusion Factor] .

الجدول 2 :قيم عامل الانتشار الحراري مع الزمن

Time t Hour	331K	341.5 K	358 K
	$(K_{top})x10^{-4}$	$(K_{top})x10^{-4}$	$(K_{top})x10^{-4}$
2	0.0228965	0.0324751	0.0411187
4	0.0379074	0.0402847	0.0488038
6	0.0488389	0.0530579	0.0554759
8	0.0533573	0.0556015	0.0548582
10	0.0562694	0.0578838	0.0646194

الشكل 7: يوضح العلاقة بين تغير قيم التواصل الحراري للنموذج العلوي والـسفلي مـع الـزمن للمرحلة الثانية Kº (341.5).

الاستنتاجات

على الرغم من أجراء بعض البحوث داخل القطر حول موضوع فصل خلائط الغـازات والنظـائر الغازية باستخدام عمود الانتشار الحراري فأنه ولحد الان لم يجر أي بحث حول فصل خلائـط الـسوائل بهذه الطريقة. ان عدد من المراكز البحثية التي تهتم بهذا الموضوع هـي محـدودة ايـضا اذ لا تتعـدى مركزين او ثلاثة. ان معظم البحوث العالمية في هذا المجال متركزة في فصل الخلائط الثنائية ولهذا يمكن عد هذا البحث اول محاولة لفصل خلائط متعددة المكونات بهذه الطريقة في القطر.

ان اهم الاستنتاجات التي توصلت اليها هذه المحاولة كانت كما يلي:

1. كانت كفاءة منظومة الفصل بالانتشار الحراري التي بنيت لهذا الغرض جيدة اذ اوضحت نتائج تحليـل الكثافة للسائل ان هناك انفصال واضح بين مركبات السائل الثقيلة (في اسفل العمود) والخفيفة(في اعلى العمود).
2. اكدت نتائج البحث ان قياسات الكثافة يمكن عدها اساسا جيدا لتأكيد حدوث عملية الفصل من عدمها كما جاء في مصادر سابقة(Ecenarro et al., 1991) (Ecenarro et al., 1990) .
3. فضلا عن استخدام الكثافة فقد استخدمت خاصية فيزياوية اخرى وهي ثابت العزل الكهربائي وقد اثبتت قياسات هذا الثابت انه من الممكن ان تكون طريقة جيدة لقياس الفصل اذا اظهرت النتـائج ان ثابـت العزل يكون حساسا جدا لنسب تركيز مكونات الخليط في اعلى واسفل برج الفصل.
4. اظهرت النتائج من الفصل وعند استخدام السوائل العضوية مثل الزيت الـذي تـم اسـتخدامه، عـدم الوصول الى درجات حرارة عالية للأنبوب الداخلي حيث ظهر ذلك جلياً من خـلال تـصرف ثابـت العزل اذ يمكن عد التغيرات غير المنتظمة في ثابت العزل عند درجات الحرارة العالية على انها ناتجة عن حدوث تحلل من السائل عند تلك الدرجات لذلك فانه من الافضل استخدام درجات حـرارة اوطـأ نسبياً عند فصل السوائل العضوية.
5. اظهرت النتائج ان الوصول الى حالة الاتزان الحراري وتشبع الفصل يتطلب فترة زمنية بحدود سـت ساعات ولهذا فانه من الممكن القول ان ست ساعات تعد فترة كافية لحساب ثابت الانتشار الحـراري لعمود الانتشار الحراري بالابعاد المذكورة.
6. أجريت حسابات نظرية لحساب ثابت الانتشار الحراري بالنسبة لخليط مكون من نسب متساوية من عدد كبيـر جـدا مـن المكونـات اي باسـتخدام نمـوذج التوزيـع الابـيض(White Distribution) للمكونات وتم استخدام نتائج هذه الحسابات في حساب عامل الانتشار الحراري الكلي للمزيج. ان الالية التي استخدمت في هذه الحسابات يمكن ان تستخدم ايضا لتوزيعات كتلية اخرى مثل التوزيع الكاوسـي او توزيع ماكسويل بولتزمان.

المصادر الاجنبية

Ecenarro, O., Madariaga, J.A., Navarro, J.L., Santamaria, C.M., Carrion, J.A. and Saviron, J.M., 1994. Thermogravitation thermal diffusion in liquid polymer solutions, Macromolecules, vol(27), no18, pp.4968-4971.

Ecenaro, O., Madariaga, J.A., Santamaria, C.M., Bou-Ali, M.M., and Valencia, J.J., 1994. Influence of the Garshof number of the Thermogravitational effects in liquid mixtures with negative thermal diffusion factor" Entropie no.218.

Ecenaro O., Madariaga, J.A., Navarro, J.L., Santamaria, C.M., Carrion, J.A. and Saviron, J.M., 1989. Non-Steady state density effects in liquid thermal diffusion column. J.Phys .Column. Matter , vol.pp.9741-9750.

Ecenarro, O., Madariaga, J.A., Navarro, J.L., Santamaria, C.M., Carrion, J.A., and Saviron, J.M., 1991. Direction of separation and Dependens of feed concentration in liquid Thermogravitational Columns. Separation Science and Technology, vol(26) .no.8. pp.1056-1067.

Ecenarro, O., Madariaga, J.A., Navarro, J.L., Santamaria, C.M., Carrion, J.A., and Saviron, J.M., 1990. Fickian and Thermal diffusion coefficient from liquid Thermogravitational Columns. J.Phys. Condens. Matter, vol(2). pp.2289-2296.

AL-Faydhi, A.M., Ezzat, 1998. (Ph.O.Thesis) Separation of Nuclear Isotopes and Binary Gas Mixtures by Thermal diffusion column. University of Mosul, Sci.Coll, Phys. Dept. 27 p.

Horne, F.H. and Bearman, R.J., 1962. Thermogravitational thermal diffusion in liquids. J. Chem. Phys. vol(37).no.12.

Leyarovski, E.I., Zahariev, A.L. and Georgive, J.K., 1978. Apparatus for experimental determination of the thermodiffusion factor α_t and thye optimal conditions for separation in thermodiffusion column" J.Phys.E.Sci.Instrum.vol(20), pp.1192-1195.

Rijab, J.M., 2000. (M.S.C. thesis. Design Construction and Operation of a Liquid Separation by Thermal Diffusion Column System,Univ.of.Mosul, Coll.of Sci.

Saviron, J.M, Santamaria, C.M., Carrion, J.A. and Yarza, J.C., 1975. Isotopic and non Isotopic thermal diffusion factors from column measurement. The Journal of Chem.Phys,vol(63),no.12.

Waard, H.D. and Lazarus, D., 1966. Modern Electronics, Addison-Wesley Publishing Company, 358.p.

Hamdon, A.A., 1997. (M.Sc.Thesis) Univ of Mosul, Ed.Coll, Chem.Dept.