

## تأثير عدم التجانس في السماحية الكهربائية للمستحلب

د. ناصر إسماعيل\*

(تاريخ الإيداع 1 / 10 / 2018. قُبِلَ للنشر في 12 / 11 / 2018)

### □ ملخص □

تم في هذا البحث اجراء دراسة نظرية لسماحية العازل الكهربائي للمستحلب ، وتم وضع برنامج بلغة Matlab لدراسة سلوك سماحية المستحلب مقابل النسبة بين سماكة الطبقات المتشكلة حول القطرة ونصف قطرها R. ولاحظنا من الرسم البياني أن مساهمة حد عدم التجانس في السماحية الكهربائية للمزيج تأخذ قيمة في المجال  $\times (3 - 1)$   $10^{-4}$  المقابل لحجم الجسيمة في المجال  $(0.01 - 0.1)mm$  عند قيمة ثابتة للتركيز  $C=0.01$  ، كما تبين أن مساهمة عدم التجانس في السماحية تتناسب طردياً مع سماكة الطبقات المتشكلة، وعكساً مع أبعاد الجسيمات. يمكن تطبيق هذه الدراسة في مجالات متعددة كالمشتقات النفطية، والمواد الصيدلانية، والمواد الغذائية، والمواد التجميلية وغيرها.

**الكلمات المفتاحية:** المستحلب ؛ سماحية المستحلب؛ تركيز المستحلب.

\* استاذ مساعد - قسم الفيزياء- كلية العلوم - جامعة تشرين- اللاذقية - سورية

## Effect of heterogeneous term in electrical permittivity for emulsion

Dr. Nasser Ismail \*

(Received 1 / 10 / 2018. Accepted 12 / 11 / 2018)

### □ ABSTRACT □

In this research, the relation which describes the electric permittivity of emulsion was theoretically found. After that, a Matlab code was used to study the behavior of mixed permittivity changes versus the ratio between forming layer thickness around particle to its radius. We noticed from the graph that the contribution of heterogeneous term in electrical permittivity take values in the range  $(1 - 3) \times 10^{-4}$  corresponding to particle size in the range  $(0.01 - 0.1)mm$  at definite value of concentration  $C = 0.01$ . In addition, the contribution of heterogeneous term in electrical permittivity is proportional with the forming layer and inversely with particle radius.

This study has multi-field application as: oil products, pharmacy materials, nutrients and cosmetic materials

**Keywords:** Emulsion; electrical permittivity of Emulsion; Emulsion concentration.

---

\* Associate prof. at Department of Physics – Faculty of science – Tishreen University -Lattakia- Syria

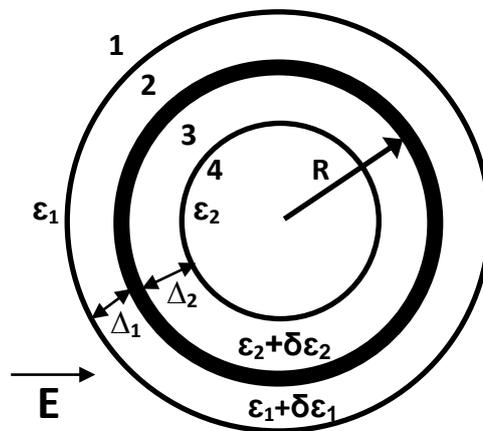
## مقدمة:

تتكوّن المستحلبات بشكل عام من طورين غير متجانسين (ماء، زيت). وتقسّم المحاليل حسب درجة تجزؤ المادة المنحلة وحجم دقائقها في وسط الانتثار إلى الأنواع التالية (معلق ، مستحلب، محاليل غروية) وفق الجدول (1):

جدول (1): يمثل أبعاد الجسيمات المبعثرة في الوسط المستمر [1-4].

Solution	Particle size r (mm)
Suspension	$10^{-1}$
Proper Emulsion	$10^{-2} - 10^{-3}$
Micro-emulsions	$10^{-3} - 10^{-4}$
Colloidal systems	$10^{-4} - 10^{-5}$

المستحلب (suspension) عبارة عن جملة غير متجانسة مكوّنة من طورين أو أكثر. ويصنف المستحلب إلى نوعين بالنسبة إلى أبعادهما مستحلب حقيقي - مستحلب ميكروي:



الشكل (1): مخطط المستحلب الحاوي على قطرة زيت نصف قطرها  $R$  والطبقات المتشكّلة حولها  $\Delta_1$  و  $\Delta_2$  ،  
 $\epsilon_2, \epsilon_2 + \delta\epsilon_2, \epsilon_1 + \delta\epsilon_1, \epsilon_1$  سماحية العازل الكهربائية لوسط الانتثار، والطبقات المتشكّلة ، على الترتيب.

## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى إجراء دراسة تحليلية لتحديد السماحية الكهربائية للمستحلب الذي جسيماته عبارة عن جسيمات كروية مبعثرة في وسط مستمر (زيت، ماء). والسماحية الكهربائية هي مقدار فيزيائي يصف امكانية استجابة الوسط العازل للحقل الكهربائي المطبق. وتلعب السماحية الكهربائية لمادة ما دورين مهمين في التطبيقات العملية:

**الدور الأول:** مضعف لقوى الترابط الكهربائية لأن هذه القوى تتناسب عكسا مع السماحية الكهربائية.

**الدور الثاني:** تعتبر السماحية الكهربائية لوسط عازل ما مؤشراً لجودة العازل لحفظ الطاقة الكهربائية، هذا يعني لا يوجد ضياع في الطاقة الكهربائية.

واعتمدنا في إيجاد سماحية المستحلب على الشروط الحدودية للكمون الكهربائي. ثم استخدم برنامج بلغة Matlab لدراسة سلوك العازلية مقابل  $\frac{\Delta}{R}$  عند ثبات التركيز.

### طرائق البحث ومواده:

كُرست هذه الدراسة بعد تطبيق حقل كهربائي منظم E على المستحلب لتحديد السماحية الكهربائية لقطرة زيت نصف قطرها R وسماحيتهما الكهربائية  $\epsilon_2$  في سائل مستمر سماحيته  $\epsilon_1$  حيث تتشكل طبقة خارجية على سطح القطرة سماكتها  $\Delta_1$ ، ونصف قطرها  $(R + \Delta_1)$ ، وسماحيتهما  $(\epsilon_1 + \delta\epsilon_1)$  وطبقة داخلية سماكتها  $\Delta_2$ ، ونصف قطرها  $(R - \Delta_2)$ ، وسماحيتهما  $(\epsilon_2 + \delta\epsilon_2)$  الشكل 1. بناءً على معادلتين مكسويل للحقل المستقر في الوسط العازل نحصل على الشروط الحدودية على سطوح الطبقات المتشكلة. وتتضمن هذه الشروط على استمرار المركبة المماسية، والمركبة الناعمية للحقل الكهربائي [5]:

$$\begin{aligned} \text{rot}(\vec{E}) &= 0 \Rightarrow E_{t1} = E_{t2} \\ \text{div}(\vec{D}) &= 0 \Rightarrow D_{n1} = D_{n2} \end{aligned} \quad (1)$$

نحصل من هاتين المعادلتين على صيغ الكمونات  $\varphi$  لأن  $\vec{V}_r = \frac{\partial}{\partial r}$  ;  $\vec{E} = -\vec{V}_r \varphi$

وتعطي هذه الكمونات لمكونات جملة المستحلب: وسط الانتثار  $\varphi_1$ ، الجسيمة المبعثرة  $\varphi_4$  والطبقات المتشكلة  $\varphi_3$  و  $\varphi_2$  بالعلاقات التالية [5,6,7,14]:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= -\vec{E} \cdot \vec{r} + \alpha \frac{\vec{E} \cdot \vec{r}}{r^3} ; & r > (R + \Delta_1) \\ \varphi_2 &= \beta \cdot \vec{E} \cdot \vec{r} + \gamma \frac{\vec{E} \cdot \vec{r}}{r^3} ; & R < r < (R + \Delta_1) \\ \varphi_3 &= \delta \cdot \vec{E} \cdot \vec{r} + \mu \frac{\vec{E} \cdot \vec{r}}{r^3} ; & (R - \Delta_2) < r < R \\ \varphi_4 &= -\lambda \cdot \vec{E} \cdot \vec{r} ; & 0 < r < (R - \Delta_2) \end{aligned} \quad (2)$$

يمثل الحد الأول في المعادلات (2) كمون الحقل المطبق، والحد الثاني كمون ثنائي القطب الكهربائي المتشكل داخل المستحلب.

تعطي الشروط الحدودية على السطوح البينية المتشكلة بالعلاقات التالية [5,8,9]:

$$\begin{aligned} \varphi_i &= \varphi_j \\ \epsilon_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial r_i} &= \epsilon_j \frac{\partial \varphi_j}{\partial r_j} \end{aligned} \quad (3)$$

كما يمكن التعبير عن السماحية الكهربائية في المناطق 1, 2, 3, 4 وفقاً للشكل 1 :

$$\varepsilon_i = \begin{cases} \varepsilon_2 & ; 0 < r < (R - \Delta_2) \\ \varepsilon_2 + \delta\varepsilon_2 & ; (R - \Delta_2) < r < R \\ \varepsilon_1 + \delta\varepsilon_1 & ; R < r < (R + \Delta_1) \\ \varepsilon_1 & ; r > R \end{cases} \quad (4)$$

يمكن إيجاد قيم الثوابت  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu, \lambda$  من الشروط الحدودية للكمون (3). فنحصل بعد الاخذ بعين الاعتبار الحدود من المرتبة الأولى بالنسبة لـ  $\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon}$  و  $\frac{\Delta}{R}$  على ما يلي:

$$\begin{aligned} \alpha &= R^3 \left[ (1 - \lambda) + 3 \frac{\Delta_1}{R} (1 + \beta) + \frac{\Delta_2}{R} \cdot \frac{\delta\varepsilon_2}{\varepsilon_2} \cdot \lambda \right] \\ \gamma &= -R^3 \left[ \beta + \left( 1 - \frac{\Delta_2}{R} \cdot \frac{\delta\varepsilon_2}{\varepsilon_2} \cdot \lambda \right) \right] \\ \mu &= -R^3 \left[ \frac{\delta\varepsilon_2}{\varepsilon_2} \left( \frac{1}{3} - \frac{\Delta_2}{R} \right) \lambda \right] \\ \delta &= \left( \frac{\delta\varepsilon_2}{3\varepsilon_2} - 1 \right) \lambda \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \beta &= -1 - 2 \frac{\Delta_1}{R} \cdot \frac{\delta\varepsilon_1}{\varepsilon_1} \left( \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \right) + \left( \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \right) \cdot \frac{\delta\varepsilon_1}{\varepsilon_1} \\ \lambda &= \frac{3\varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \left[ 1 + 2 \frac{\Delta_2}{R} \cdot \frac{\delta\varepsilon_2}{\varepsilon_2} \left( \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \right) + 2 \frac{\Delta_1}{R} \cdot \frac{\delta\varepsilon_1}{\varepsilon_1} \cdot \left( \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \right) \right] \end{aligned}$$

لإيجاد السماحية الكهربائية  $\varepsilon_{mix}$  للمستحلب الذي يحتوي على N جسيمة في الحجم V من المستحلب، ننتقل من العلاقات الآتية مأخوذة بالقيمة الوسطى، وبالتكامل على الحجم V [6,7,8,9] نجد:

$$\bar{\bar{D}} = \varepsilon_{mix} \bar{\bar{E}} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \bar{\bar{D}} - \varepsilon_1 \bar{\bar{E}} &= \frac{N}{V} \int_{0 < r < R - \Delta_2} (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) (\bar{E}_0 + \delta\bar{E}_2 + \delta\bar{E}_1) dV + \frac{N}{V} \int_{R - \Delta_2 < r < R} \bar{E}_0 \delta\varepsilon_2 dV + \\ & \frac{N}{V} \int_{R < r < R + \Delta_1} \bar{E}_0 \delta\varepsilon_1 dV \end{aligned} \quad (7)$$

حيث أن  $E_0$  يمثل توزيع الحقل داخل الجسيمة وخارجها ويعطى بالعلاقة التالية [6, 10,11,12] :

$$\bar{\bar{E}}_0 = \begin{cases} \frac{3\varepsilon_1 \bar{E}}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} & 0 < r < R \\ \bar{E} - \left( \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \right) \cdot \left( \frac{R}{r} \right)^3 \cdot \left[ \bar{E} - \frac{3(\bar{E} \cdot \vec{r}) \vec{r}}{r^2} \right] & R < r < R + \Delta \end{cases} \quad (8)$$

بحساب التكاملات الداخلة في المعادلة (7) ، واستخدام الاحداثيات الكروية الحصول على المعادلة التالية:

$$\begin{aligned} \bar{D} - \varepsilon_1 \bar{E} &= 3C \frac{\varepsilon_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \cdot \bar{E} + 9C \frac{\Delta_1}{R} \cdot \delta\varepsilon_1 \cdot \frac{\varepsilon_2^2 + 2\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} \bar{E} + 27C \frac{\Delta_2}{R} \cdot \delta\varepsilon_2 \cdot \frac{\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} \bar{E} \\ \bar{D} &= \left[ \varepsilon_1 + 3C \frac{\varepsilon_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} + 9C \frac{\Delta_1}{R} \cdot \delta\varepsilon_1 \cdot \frac{\varepsilon_2^2 + 2\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} + 27C \frac{\Delta_2}{R} \cdot \delta\varepsilon_2 \cdot \frac{\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} \right] \bar{E} \end{aligned} \quad (9)$$

نجد بمقارنة العلاقة (9) مع العلاقة (6) أن السماحية الكهربائية للمستحلب تعطى بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon_{mix} = \varepsilon_1 + 3C \frac{\varepsilon_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} + 9C \frac{\Delta_1}{R} \cdot \delta\varepsilon_1 \cdot \frac{\varepsilon_2^2 + 2\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} + 27C \frac{\Delta_2}{R} \cdot \delta\varepsilon_2 \cdot \frac{\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{mix} = \varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_{stat} + \Delta\varepsilon_H \quad (11)$$

حيث أن:

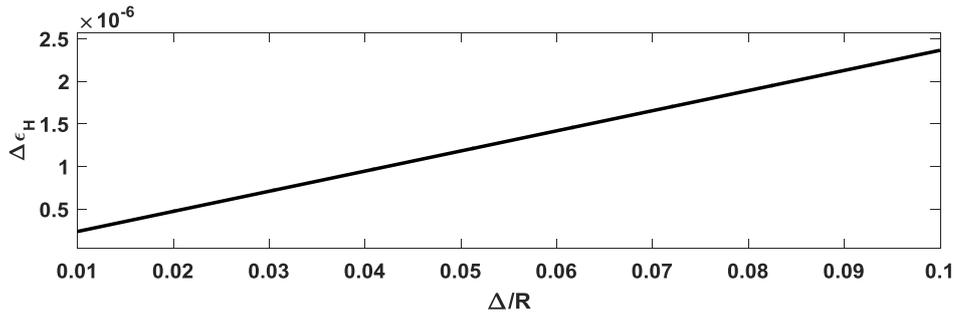
$$\Delta\varepsilon_{stat} = \varepsilon_1 + 3C \frac{\varepsilon_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1} \quad (12)$$

يمثل هذا المقدار مساهمة الجزء المتجانس من سماحية العازل الكهراكدة داخل الجسيمة، بينما يمثل الحد الثاني والثالث تأثير عدم التجانس من سماحية العازل.

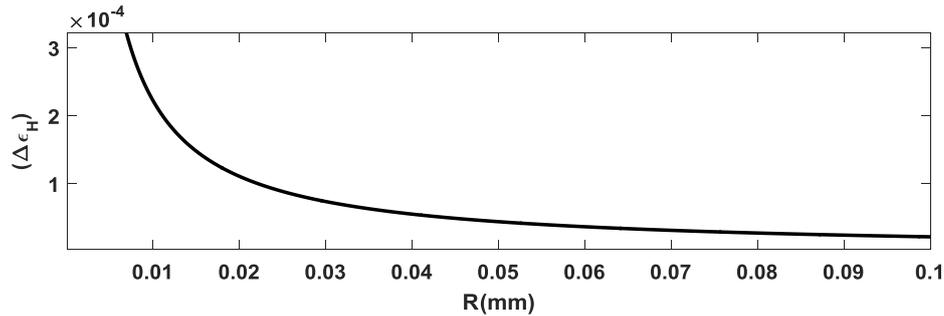
$$\Delta\varepsilon_H = 9C \frac{\Delta_1}{R} \cdot \delta\varepsilon_1 \cdot \frac{\varepsilon_2^2 + 2\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} + 27C \frac{\Delta_2}{R} \cdot \delta\varepsilon_2 \cdot \frac{\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1)^2} \quad (13)$$

### النتائج والمناقشة:

نستنتج من هذا العمل أن السماحية الكهربائية للمستحلب تساوي مجموع السماحتين ( السماحية الكهرا كدية، والسماحية العازلية للأطوار التشتتية)، وهذا يتوافق مع الاعمال [5 - 7]. تتعلق السماحية العازلية الكهرا كدية بالتركيز الحجمي C ، ولا تتعلق بأبعاد الجسيمات، أما السماحية العازلية للأطوار التشتتية والنااتجة عن تأثير عدم التجانس تتعلق بسماكة الطبقات السطحية الممتزة، ونصف قطر الجسيمات الكروية . وهذا التناسب هو من الشكل  $\Delta/R$   $\sim \Delta\varepsilon_H$ ، كما تتناسب مع تركيز الجسيمات. ويمكن توضيح ذلك من خلال الشكلين (2 ، 3). وتعتبر هذه العلاقة علاقة عامة في دراسة الجمل غير المتجانسة. وبعد معرفة هذه العلاقة يمكن تحديد ابعاد الجسيمات في الجملة المدروسة.



الشكل (2): يوضح علاقة الجزء غير المتجانس من سماحية العازل للمستحلب بالنسبة بين سماكة الطبقات المتشكلة، وأبعاد الجسيمات.



الشكل (3): يوضح علاقة الجزء غير المتجانس من سماحية العازل الكهربائية للمستحلب بنصف قطر الجسيمات.

### الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج من هذا البحث النقاط التالية:

- تزداد السماحية الكهربائية للمستحلب مع تركيز الجسيمات المبعثرة c (mol/litre) في السائل .
- إن الطبقات المتشكلة حول الجسيمة تخفض قيمة سماحية العازل للمستحلب عن قيم سماحية الجسيمات والسائل المحيط بها.
- تزداد سماحية المستحلب عند ثبات التركيز مع زيادة النسبة  $\Delta/R$ .
- تؤدي زيادة حجم الجسيمة بفعل تشكل الطبقة إلى نقصان كثافة الشحنات السطحية المحتملة وبالتالي تكون قوى التناثر ضعيفة، هذا يعني، أن قوى التجاذب هي السائدة .
- كلما كانت كثافة الجسيمات منخفضة يكون المستحلب أكثر استقراراً.
- نستنتج من علاقة السماحية الكهربائية للمستحلب أن عدم التجانس يتناسب عكسا مع أبعاد الجسيمة، ويعبر هذا الحد عن وجود قوى ضعيفة التأثير [13,14] .

## المراجع

- [ 1 ] GREFFE,G.L. and GROSSE,C.*static permittivity of emulsions*, 41 – 54,1976.
- [ 2 ] ر. م. دفلن ، د.عبد الحميد بن حميدة، د.محمد الجبلاني، د.حازم الالوسي،ليبيا، *فسيولوجية النبات* ، جامعة الفاتح ، 1986 ، ص 67-78.
- [ 3 ] سلمان ، يحي، *فسيولوجيا النبات* ، 1981 – 1982، جامعة تشرين، كلية الزراعة، 23-28 .
- [ 4 ] حمزة، حمزة قاسم، *تمارين في الفزيولوجيا النباتية* 1981 – 1982، جامعة حلب، كلية العلوم، 30 – 32.
- [ 5 ] Ландау, Л.Д. , Лифшиц Е. М. *Электродинамика сплошых сред* -М. : Наука 1982، страница (63-69).
- [ 6 ] إسماعيل، ن ، الأعرج، ب ، *دراسة نظرية للخصائص الكهربائية للمعلق سيليكات المنيوم مغنيزيوم*، مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الأساسية ، قبلت للنشر في العدد 89 لعام 2013 .
- [ 7 ] ناصر إسماعيل، *دراسة سماحية العزل الكهربائية للمعلق المحب لوسط الانتثار* ، مجلة بحوث جامعة حلب العدد 91 للعام 2013 .
- [ 8 ] FAHAD HUSSAIN . *stability problems of emulsion* , *pharma Mirror* , Apr29,2011.
- [ 9 ] JEFFERY, A. Wood .*Use of Spatially Nonuniform Electric Fields for Contact-Free Assembly of Three Dimensional Structures from Colloidal Particles*, Queens University Kingston, Ontario, Canada, 2012.
- [ 10 ] نوبة محمادي، ارتباط السماحية الكهربائية بالحقول الكهرومغناطيسية وتردداتها في الأوساط العازلة، رسالة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، قسم علوم المادة، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، 2011، 5-15.
- [ 11 ] THOMAS, B. GONES, *basic theory of dielectrophoresis and electro- rotation*, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, November/December,2003.
- [ 12 ] MAHANTAPPA,S. JOGAD,Et.Al.*dielectric measurement on magnesium aluminum silicate glass-ceramics prepared by different routes* *Materials Letters* 57,(2002), 619-627.
- [ 13 ] Л.Я.ЕРОФЕЕВ, Г.С.ВАХРОМЕЕВ, В.С.ЗИНАЧЕНКО, Г.Г.НОМОКОНОВА. - *ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД* , ТОМСК 2006, СТР.118-122.
- [ 14 ] BARRY,R. HOLSTEIN, *The Van der Waals interaction*, *Uni. Of Washington*, Seattle, Washington, American Association of Physics Teachers ,2000.