دراسة العلاقة بين كفاءة الإلتحام وأنصاف أقطار القطيرات في الغيوم الدافئة

جودت هدايت محمد أحمد

قسم الفيزياء، كلية العلوم . جامعة كركوك

Jawdet77@yahoo.com

تاريخ استلام البحث: 2012/10/14 تاريخ قبول البحث: 2013/12/22

الخلاصة

يُعد الإهتمام بدراسة آلية التصادم والإلتحام للقطيرات المائية في الغيمة ذات أهمية كبيرة لكونها تمثل المحور الأساسي في عملية تكوين الامطار في الغيوم الدافئة.

لقد تم في هذا البحث دراسة العلاقة بين كفاءة الإلتحام (E_{coa}) وأنصاف اقطار القطيرات في الغيوم الدافئة حيث أخذت أنصاف أقطار مختلفة من القطيرات الكبيرة (R) تتراوح بين (60 – 100 مايكرون) مع مجاميع من القطيرات الصغيرة (r) التي انصاف اقطارها تتراوح ما بين (5 – 20 مايكرون) وذلك لان هذه القيم تمثل تقريباً المدى الذي تنحصر فيه أنصاف أقطار القطيرات في الغيوم الدافئة .

لقد أظهرت النتائج بأن كفاءة الإلتحام تتناسب طرديا مع نصف قطر القطيرة الكبيرة أي كلما زاد نصف قطر القطيرة الكبيرة زادت كفاءة الإلتحام، وعكسيا مع نصف قطر القطيرة الصغيرة أي انه كلما زاد نصف قطر القطيرة الصغيرة تقل كفاءة الإلتحام .

الكلمات الدالة: كفاءة الإلتحام ، قطيرات الغيمة ، غيوم دافئة .

Study of Relationship between Coalescence Efficiency and the Radius of droplets in Warm Clouds

Jawdet H. Mohamed Ahmed

Department of physics, College of science – university of Kirkuk

Received date: 14/10/2012 Accepted date: 22/12/2013

Abstract

The study of collision and coalescence mechanism for water droplets in cloud has a large importance because its represented major process in formation rain in warm clouds .

In this study the, the relationship between the efficiency of coalescence (E_{coa}) and the radius of droplets in warm clouds had been studied by taking different radius of large droplets (R) ranged between (60 to 100 μm) with groups of small droplets (r) that has radius ranged by (5 to 20 μm) because these values represented nearly the range of radius of droplets occurred in warm clouds .

The results appears that coalescence efficiency proportional directly with the radius of large droplet and inversely proportional with radius of small droplet.

Keywords: **coalescence efficiency, cloud droplets, warm clouds.**

المقدمة

يهتم علم فيزياء الغيوم بشرح كامل للظروف التي يمكن بوساطتها ان تنمو القطيرة، فبداية نمو أي قطيرة في الغيمة يتم من خلال تكثف بخار الماء على العوالق (نويات التكثف)، حيث أن معدل نمو قطيرات الغيمة من خلال هذه الآلية لوحدها بطيئة نسبياً [1]. إن العملية الفيزيائية لتصادم القطيرات والتحامها في الغيمة تكون كافية لانتاج قطرات مطر كبيرة وسقوطها من الغيمة على شكل هطول (أمطار) [2].

تعدُ عملية التصادم والإلتحام للقطيرات في الغيمة عملية مهيمنة في تكوين الهطول في المناطق الاستوائية والمدارية وتلعب دوراً كبيراً في غيوم العروض الوسطى الركامية (Mid -latitude Cumulus) التي قد تمتد قممها الى درجات حرارة تحت الانجماد (Subfreezing) [3] .

إن مرحلة انتقال القطيرة من عملية النمو بالتكثف الى عملية نمو فعاله بالتصادم والإلتحام تعدُ من العلميات الاكثر تعقيداً وأحدى الصعوبات التي تواجه الفيزياويين في فيزياء الغيوم [2]، لذا فمن الضروري معرفة كيفية تكوّن الامطار عن طريق التصادم والإلتحام والعوامل المؤثرة عليها .

الجانب النظري

إن الفيزياء الدقيقة للغيوم أو التركيب الداخلي للغيوم يعتمد بصورة كبيرة على درجة الحرارة داخل الغيمة التي تحّدد حالة الماء داخل الغيمة سواء كانت سائلة أو صلبة أو مشتركة (سائل + صلب).

وانطلاقاً من هذا الواقع جرت تقسيم البنية الداخلية للغيوم أو ما يعرف بالفيزياء الدقيقة للغيوم إلى ثلاث مجموعات وهي [4].

1- الغيوم المائية أو القطيرية:

هي الغيوم التي تتألف من قطيرات مائية وبخار الماء فقط ، ولكن تُصادف منها في الوقت نفسه قطيرات مائية مفرطة البرودة (super cooled) وذلك عندما تكون درجات الحرارة أقل من الصفر المئوي وتتمثل في الغيوم الطبقية (Stratus) والركامية الطبقية (Stratocumulus)، ويتم النمو فيها وفق آلية التصادم والإلتحام [5].

2- الغيوم المختلطة:

هي الغيوم التي تتألف من قطيرات مائية مفرطة التبريد وبلورات الجليدية وبخار الماء وتكون درجة الحرارة تحت الصفر المئوي، وتتمثل في الغيوم المزنية الطبقية (Nimbostratus) والطبقية المتوسطة (Altostratus) والمزنية الركامية (Cumulonimbus) [4] . ويتم النمو فيها وفق آلية نظرية بيرجيرون[5].

3- الغيوم الجليدية (المتبلورة):

هي غيوم تتكوّن بشكل خاص من البلورات الجليدية وذلك بسبب تدني درجات الحرارة بشكل كبير ضمن درجة حرارة تحت الصفر بكثير من (40-) مئوي الى (50-) مئوي، وتتمثل في الغيوم السمحاقية (Cirrus) والسمحاقية الطبقية (Cirrostratus) والسمحاقية الركامية (Cirrocumulus) [4].

إعتمادا على مجاميع الغيوم المذكورة أعلاه ، فهنالك طريقتان أو نظريتان تفسران ظاهرة نمو قطيرات الغيمة الى قطرة مطر وهما [6] :

1. نظرية اختلاط الماء والجليد.
2. نظرية التصادم والإلتحام للقطيرات.

في هذا البحث سيتم التركيز على تفسير آلية التصادم والإلتحام للقطيرات.

إن عملية النمو بالتصادم والإلتحام تعتبر آلية مهمة جداً وفعالة في نمو قطيرة الغيمة الى قطرة مطر، وهذه الآلية ضرورية في تكوين الهطول (الامطار) في الغيوم الدافئة التي درجة حرارتها فوق مستوى الصفر المئوي وتتألف من قطيرات مائية فقط ، ولهذا سميت هذه الآلية (بنظرية الغيوم الدافئة) [7].

بموجب هذه النظرية فليست جميع قطيرات المائيه الموجودة في الغيمة لها نفس الحجم والسبب يعود في ذلك الى اختلاف معدل التكثف ضمن أجزاء الغيمة [8]، وخصوصاً عندما يحصل النمو على النوية العملاقة فتكون قطيرة غيمة كبيرة نسبياً

مما يجعل هذه القطيرة تسقط بسرعة اسرع من القطيرات الصغيرة فيحدث التصادم مع البعض فتنمو هذه القطيرة الى قطرة مطر [9].

هنالك ثلاث قوى رئيسة تجعل قطيرات الغيمة تتحرك داخل الغيمة ويحدث تصادم فيما بينها، وهذه القوى هي [10] :

1. قوة الجاذبية.

بتأثير هذه القوة تسقط قطيرات الغيمة بمختلف الحجوم وبمختلف السرع تحت تأثير الجاذبية.

2. القوة الكهربائية.

بتأثير هذه القوة فإن الجزئيات المشحونة بشكل معاكس قد تجذب القطيرات الى بعضها البعض.

3. القوة الديناميكية للهواء أو الاضطراب.

إن الجريان الاضطرابي في الغيمة يؤثر على حركة اصطدام بين قطيرات الغيمة وكذلك يزيد السرعة النسبية بين القطيرات فالاضطراب مهم في عملية النمو بالتصادم والإلتحام [10].

إن الاختلاف المكاني للحركة الاضطرابية في الغيمة يساعد على تصادم قطيرات الغيمة عندما تكون متساوية الحجم ، حيث ان القوة الأكثر تأثيراً في حركة القطيرة داخل الغيمة من تلك القوى أعلاه هي قوة الجاذبية [11].

من العوامل التي تساعد في تنشيط فعالية نمو القطيرة بالتصادم والإلتحام [12]:

1. وجود كمية كبيرة من المحتوى المائي السائل (LWC) في الغيمة.
2. وجود مدى واسع من القطيرات مختلفة الحجوم التي تساعد على حدوث عملية التصادم والإلتحام.
3. سمك الغيمة ، حيث يكون مهما في نمو قطيرات الغيمة الى قطرات مطر، فالغيوم التي سمكها قليل تكون غير منتجة للأمطار، أما الغيوم التي سمكها كبير تكون منتجة للأمطار [9].
4. التيارات الهوائية القوية.
5. الشحنة الكهربائية للقطيرة والمجال الكهربائي في الغيمة.

في الغيوم تكون بعض القطيرات مشحونة بشحنة موجبة وتميل الى أنه تتجمع في قمة الغيمة بينما البعض الاخر تكون القطيرات مشحونة بشحنة سالبة وتتجمع في قاعدة الغيمة، فتميل هذه الشحنات الكهربائية المختلفة الى التجاذب حتى يزداد فرق الجهد بينهما الذي يسبب في حدوث تصادمات وإلتحامات كثيرة للقطيرات وتساقط أمطار [13].لا يؤدي كل تصادم بين القطيرات دائما الى التحام فهنالك حالات عديدة تحصل عند التصادم وهي [3] :

1. قد يرتدان الى حالتيهما الطبيعية.
2. قد يلتحمان بصورة دائمية.
3. قد يلتحمان بصورة مؤقتة ثم ينفصلان الى حالتهما الطبيعية.
4. قد يلتحمان بصورة مؤقتة ثم ينقسمان الى عدد من القطيرات.

ان حدوث الحالات أعلاه تعتمد بصورة رئيسة على حجوم القطيرات ومساراتها وكذلك تعتمد على قوة المجال الكهربائي.

تُعرّف كفاءة الإلتحام بأنه التحام قطيرات الغيمة الصغيرة (المتجمعة) التي أنصاف أقطارها (r) مع القطيرة الكبيرة (الجامعة) التي نصف قطرها (R) فان هذا الإلتحام للقطيرات هو ناتج من اصطدام القطيرات مع بعضها ، أو تعرف بنسبة عدد القطيرات الملتحمة بعدد من الاصطدامات [14].

لقد أوضح (Lenard) بأن قطيرات الغيمة قد لا تلتحم دائما عندما تصطدم مع بعضها والسبب في عدم حدوث الإلتحام هو وجود طبقة هواء رقيقة بين القطيرات وكذلك ضعف أو غياب المجال الكهربائي ، لذلك فان الدراسات المختبرية بيّنت بأن القطيرات التي تصطدم بوجود المجال الكهربائي أو القطيرات المشحونة غالباً ما تؤدي الى التحام القطيرات فعملية

الإلتحام تزداد بوجود المجال الكهربائي، فالعالم (Bernard Vonnegut) والعالم (Charles B.Moore) أوضحا من خلال دراساتهما بأن المجال الكهربائي يلعب دوراً مهماً في عملية نمو القطيرات وتكوين الامطار [12].

إن التحام القطيرات يعتمد على قوة اصطدام القطيرات والشد السطحي للقطيرة ، فإذا كان الشد السطحي للقطيرة عالي جداً وقوة التصادم بين القطيرات واطئة فان القطيرات المصطدمة لن تلتحم مع بعضها بسبب قوة الشد السطحي للقطيرة، ولذلك فان الشد السطحي للقطيرة يعد من المؤثرات الرئيسة في تشكيل المطر عن طريق التحام القطيرات [14] .

البيانات المستخدمة

لقد تم في هذا البحث دراسة العلاقة بين كفاءة الإلتحام وأنصاف أقطار القطيرات في الغيوم الدافئة ، حيث تم حساب قيم كفاءة الإلتحام باستعمال صيغة المعادلة الآتية [7] :

$$E_{coa} = \frac{\pi R^2}{\pi (R+r)^2} \ldots (1)$$

حيث أن:

E_{coa} : كفاءة الإلتحام (%) .

R : نصف قطر القطيرة الكبيرة (الجامعة) (مايكرون).

r : نصف قطر القطيرة الصغيرة (المتجمعة) (مايكرون).

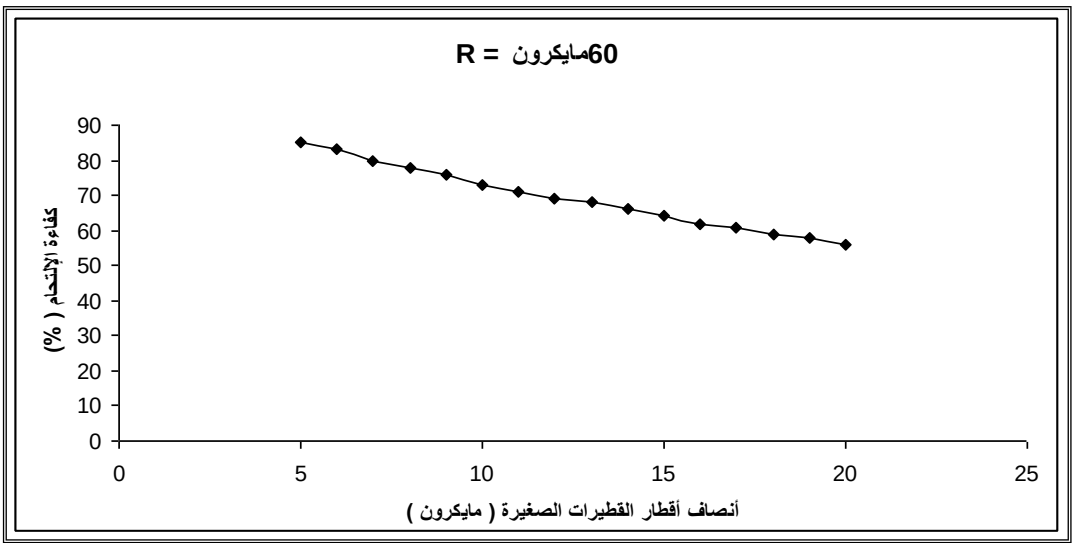
لقد تم أخذ أنصاف أقطار مختلفة من القطيرات الكبيرة تراوحت ما بين (60 – 100 مايكرون) مع مجاميع من القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تراوحت ما بين (5 – 20 مايكرون) بطريقة بحيث أن هذه القيم تحاكي تقريباً المدى الذي تنحصر فيه أنصاف أقطار القطيرات في الغيوم الدافئة .

النتائج والمناقشة

الجدول (1) يبين كفاءة التحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (60 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تتراوح مابين (5 – 20 مايكرون) ، فعندما تلتحم القطيرة الجامعة التي نصف قطرها (60 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (5 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (85%) ، أما عندما تلتحم مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (20 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (56%) ، أما القيم الأخرى لكفاءة الإلتحام فقد تراوحت بين هاتين القيمتين وكما موضّح في الشكل (1) .

جدول (1) : قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) للقطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (60 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

أنصاف أقطار القطيرات الصغيرة (مايكرون)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
كفاءة الإلتحام (%)	85	83	80	78	76	73	71	69	68	66	64	62	61	59	58	56

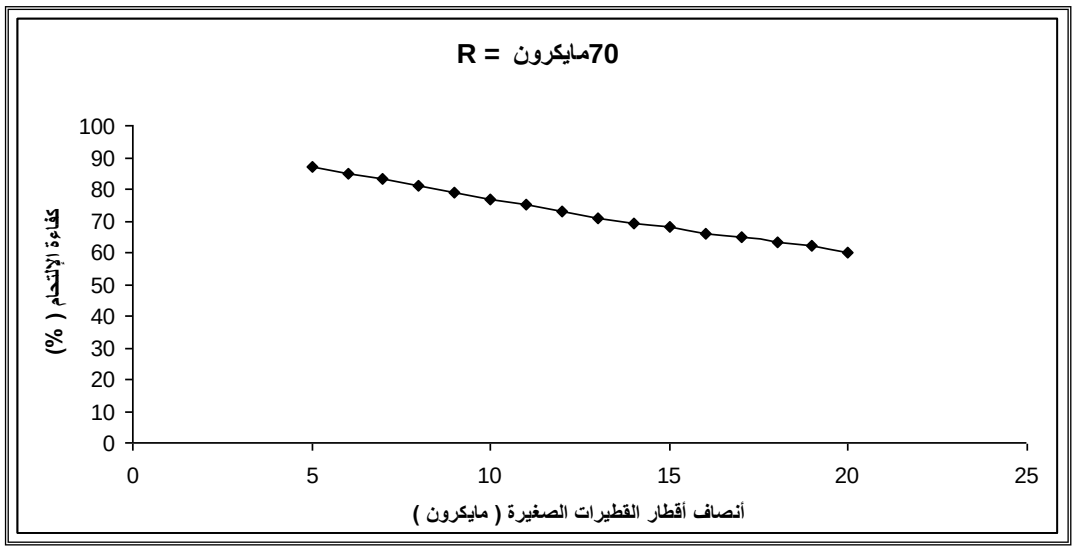


شكل (1) : العلاقة بين قيم كفاءة إلتحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (60 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

الجدول (2) يبين كفاءة التحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (70 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تتراوح مابين (5 – 20 مايكرون) ، فعندما تلتحم القطيرة الجامعة التي نصف قطرها (70 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (5 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (87%) ، أما عندما تلتحم مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (20 مايكرون) تكون كفاءتها (60%) ، أما القيم الأخرى لكفاءة الإلتحام فقد تراوحت بين هاتين القيمتين وكما موضّح في الشكل (2) .

جدول (2) : قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (70 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

أنصاف أقطار القطيرات الصغيرة (مايكرون)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
كفاءة الإلتحام (%)	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	68	66	65	63	62	60

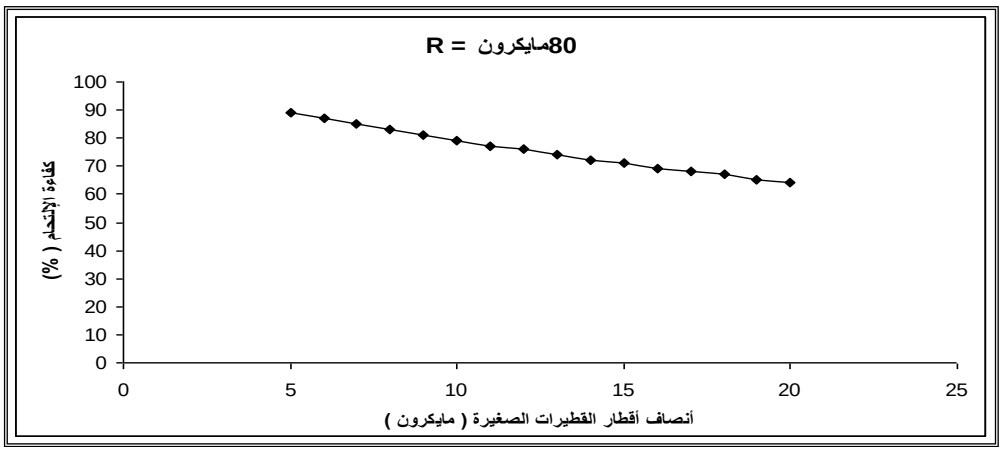


شكل (2) : العلاقة بين قيم كفاءة إلتحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (70 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

الجدول(3) يبين كفاءة التحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (80 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تتراوح مابين (5 – 20 مايكرون) ، فعندما تلتحم القطيرة الجامعة التي نصف قطرها (80 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (5 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (89%) ، أما عندما تلتحم مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (20 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (64%) ، أما القيم الأخرى لكفاءة الإلتحام فقد تراوحت بين هاتين القيمتين وكما موضّح في الشكل (3) .

جدول (3) : قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (80 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

أنصاف أقطار القطيرات الصغيرة (مايكرون)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
كفاءة الإلتحام (%)	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	71	69	68	67	65	64

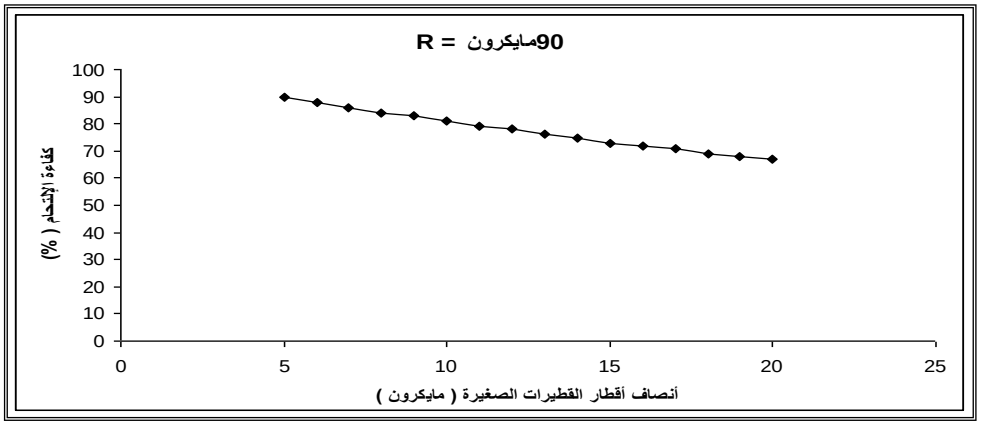


شكل (3) : العلاقة بين قيم كفاءة إلتحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (80 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

الجدول (4) يبين كفاءة التحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (90 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تتراوح مابين (5 – 20 مايكرون) ، فعندما تلتحم القطيرة الجامعة التي نصف قطرها (60 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (5 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (90%) ، أما عندما تلتحم مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (20 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (67%) ، أما القيم الأخرى لكفاءة الإلتحام فقد تراوحت بين هاتين القيمتين وكما موضّح في الشكل (4) .

جدول (4) : قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (90 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

أنصاف أقطار القطيرات الصغيرة (مايكرون)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
كفاءة الإلتحام (%)	90	88	86	84	83	81	79	78	76	75	73	72	71	69	68	67

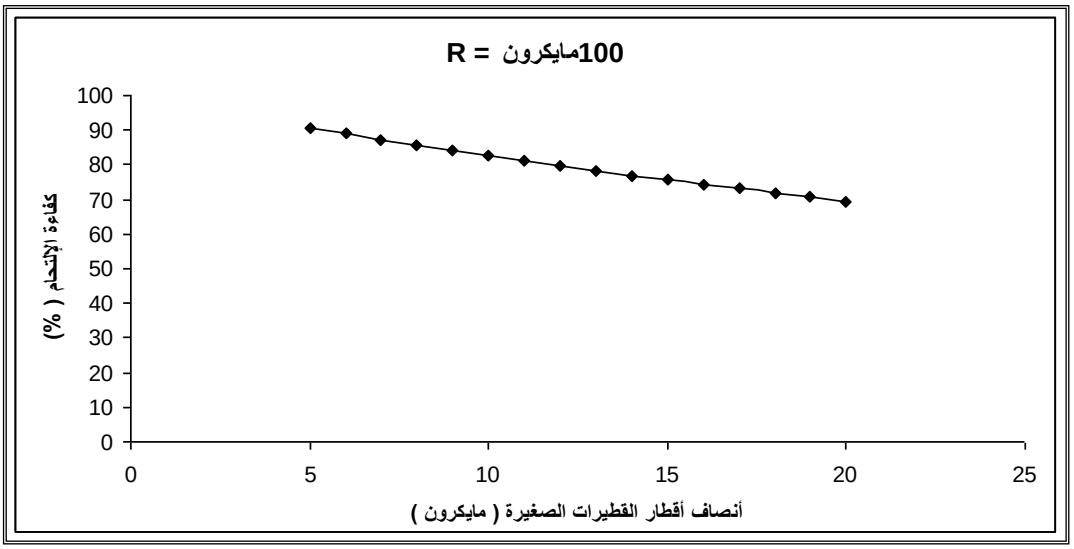


شكل (4) : العلاقة بين قيم كفاءة إلتحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (90 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

الجدول (5) يبين كفاءة التحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (100 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة التي انصاف اقطارها تتراوح مابين (5 – 20 مايكرون) ، فعندما تلتحم القطيرة الجامعة التي نصف قطرها (100 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (5 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (91%) ،أما عندما تلتحم مع القطيرة المتجمعة التي نصف قطرها (20 مايكرون) تكون كفاءة إلتحامهما (69 %) ، أما القيم الأخرى لكفاءة الإلتحام فقد تراوحت بين هاتين القيمتين وكما موضّح في الشكل (5) .

جدول (5) : قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (100 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

أنصاف أقطار القطيرات الصغيرة (مايكرون)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
كفاءة الإلتحام (%)	91	89	87	86	84	83	81	80	78	77	76	74	73	72	71	69



شكل (5) : العلاقة بين قيم كفاءة إلتحام القطيرة الكبيرة ذات نصف قطر (100 مايكرون) مع مجاميع القطيرات الصغيرة

مما سبق يمكننا ملاحظة بأنه في الغيوم الدافئة تزداد قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) بزيادة نصف قطر القطيرة الكبيرة (الجامعة) (R) ونقصان نصف قطر القطيرة الصغيرة (المتجمعة) (r) حيث يُلاحظ من النتائج المذكورة أعلاه أن أعلى قيمة لكفاءة الإلتحام (E_{coa}) بلغت (91%) عندما تلتحم القطيرة الجامعة بنصف قطر (100 مايكرون) مع القطيرة المتجمعة بنصف قطر (5 مايكرون) ، والسبب في ذلك يعود إلى أن الزيادة في نصف قطر القطيرة الجامعة تجعل هذه القطيرة تسقط بسرعة أسرع من القطيرات المتجمعة ، فيحدث التصادم بينهما ، وبالتالي تنمو القطيرة إلى قطرة مطر .

كما يمكننا ملاحظة بأنه في الغيوم الدافئة أيضا فإن قيم كفاءة الإلتحام (E_{coa}) تقل بزيادة نصف قطر القطيرة الصغيرة (المتجمعة) (r) ونقصان نصف قطر القطيرة الكبيرة (الجامعة) (R) حيث يُلاحظ من النتائج المذكورة أعلاه أن أقل قيمة لكفاءة الإلتحام (E_{coa}) بلغت (56%) عندما تلتحم القطيرة المتجمعة بنصف قطر (20 مايكرون) مع القطيرة الجامعة بنصف قطر (60 مايكرون) ، والسبب في ذلك يعود إلى أن الزيادة في نصف قطر القطيرة المتجمعة تؤدي إلى زيادة سرعتها ، مما يقلل الفرق بين سرعة سقوط القطيرتين الجامعة والمتجمعة ، الأمر الذي يقلل من إحتمالية التصادم بينهما ، وبالتالي تقل إحتمالية إلتحامهما معا.

الإستنتاجات

من خلال البحث يمكن التوصل إلى الإستنتاجات الآتية:

1- إن آلية التصادم والإلتحام للقطيرات المائية لها أهمية بالغة في عملية تكوين الامطار في الغيوم الدافئة التي درجة حرارتها فوق مستوى الصفر المئوي وتتألف من مدى واسع من القطيرات المختلفة الأحجام .

2- إن كفاءة الإلتحام تتناسب طرديا مع نصف قطر القطيرة الجامعة ، أي كلما زاد نصف قطر القطيرة الجامعة زادت كفاءة الإلتحام .

3- إن كفاءة الإلتحام تتناسب عكسيا مع نصف قطر القطيرة المتجمعة ، أي انه كلما زاد نصف قطر القطيرة المتجمعة قلت كفاءة الإلتحام .

المصادر

[1] P .Squirs , The Growth of Cloud Drops by Condensation, Aust. J. Science. Research Atmosphere, 1952,164,pp.(473-499).

[2] P .Squirs, The Microstructure and Colloidal Stability of Warm Cloud, 1958 TellusX, II, (256-261).

[3] ر. ر ريجرز، فيزياء الغيوم، ترجمة الدكتور محي الدين عباس، رشيد حمود النعيمي، 1984 ، طبع مطبعة جامعة الموصل، مديرية المطابع الجامعي.

[4]اغا، شاهر جمال، علم المناخ والمياه، الجزء الأول، الطبعة الجديدة ، 1978 ، دمشق.

[5] موسى، علي حسين، المناخ والأرصاد الجوية ، منشورات جامعة دمشق ، 2003 ، دمشق.

[6] السلطان ، عبد الغني جميل ، الجو عناصره وتقلباته ، دار الحرية للطباعة ، 1985 ، بغداد .

[7] H. R.Pruppacher, and Klett. J. D.: Microphysics of Cloud and Precipitation, Dordrecht, London, 1980, England.

[8] M.A, Albert, and R. A. Anthes: Meteorology, Fourth Edition, Charles E. Merrill Publishing Company A Bell and Howell Company, 1980,U.S.A.

[9] P. Sverre, Introduction Meteorology, Third Edition, MCRAW-HILL Book Company , 1969 ,New York.

[10] A. S Koziol,., HG Leightonk, The Effect of Turbulence on The Collision Rates of Small Cloud Drops, J. Atmospheric. Science,1996, Vol 53, Issue13, pp. (1910-1920).

[11] N.C. Franklin: Collision Rates of Cloud Droplets in Turbulent Flow, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences McGill University, 2002 , Montreal Quebec Canada .

[12] C. D. Ahrens, An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, 5th Ed. 1994, New York .

[13] شريف، إبراهيم، جغرافية الطقس ، كلية الآداب جامعة بغداد ، 1985 ، العراق.

[14] F. G. Robert, and B. A. Joost,: An Introduction to Atmospheric Physics, Second Edition, 1980,Academic Press INC., London.