جامعة محمد بوضياف المسيلة

معهد تسيير التقنيات الحضرية

المستوى: سنة ثانية ليسانس تسيير المدينة

مقياس: علم المناخ

الأستاذة: بوزيان أسماء

المحاضرة رقم(07): التكاثـــف

يقصد بالتكاثف تحول بخار الماء الموجود في الجو من حالته الغازية إلى حالة بخارية سائلة أو صلبة، بحيث يمكن رؤيته بالعين المجردة، فعندما يتعرض بخار الماء الموجود في الهواء لانخفاض درجة الحرارة تحدث عملية التكاثف التي تتخذ صور مختلفة منها الندى الصقيع الضباب، أما على مستوى الغلاف الجوي العلوي، عندما تنخفض درجة الحرارة بصفة تدريجية أو فجائية فقد يتعرض بخار الماء إلى عمليات التكاثف التدريجية أو الفجائية التي تظهر على أشكال مختلفة مثل السحب والثلج والمطر.

I-أهم شروط التكاثف:

لحدوث عملية التكاثف يجب توفر مجموعة من الشروط:

I-1 - أنوية التكاثف: هذه الأنوية عبارة عن كل الشوائب الصلبة المتواجدة في الغلاف الغازي كالشظايا الجليدية، الغبار، الأتربة.

I-2- تشبع الغلاف الغازي: لحدوث عملية التكاثف يجب أن يصل الغلاف الغازي إلى درجة التشبع، إن وصول الغلاف الغازي إلى هذه الدرجة يتوقف على عاملين:

أ- القوة المبخرة: المتمثلة في ارتفاع درجة الحرارة التي تنشط عملية تحول بخار الماء من شكله السائل إلى شكله الغازي.

ب- المادة المتبخرة: التي تتمثل في المسطحات المائية، الغطاء النباتي،...الخ.

I-3- انخفاض درجة الحرارة: إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تمدد الغلاف الغازي وخفته وبالتالي يصعد إلى أعلى، يصاحب هذا التصاعد(التناقص العمودي لدرجة الحرارة)، وبالتالي انخفاض درجة حرارة الغلاف الغازي مع الارتفاع يؤدي إلى تقلص هذا الغلاف، وتتقارب جزيئاته ومن بينها جزيئات بخار الماء، مما يجعلها تلتف حول أنوية التكاثف ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ، تسهل عملية تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة.

نستخلص مما سبق أن عملية تحول الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة تمر بعدة مراحل نوجزها فيما يأتي:

- تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، هذه المرحلة تستوجب توفر القوة المبخرة(ارتفاع درجة الحرارة)، والمادة المتبخرة.

- تمدد الغلاف الغازي وخفة وزنه، مما يؤدي إلى تصاعده ، هذا التصاعد يرافقه انخفاض في درجة الحرارة.

- انخفاض درجة حرارة الغلاف الغازي يؤدي إلى تقلصه، مما يعني التفاف جزيئات بخار الماء حول أنوية التكاثف.

- تتحول هذه الجزيئات الملتفة حول أنوية التكاثف إلى قطرات مائية تعلق بالغلاف الغازي تنتج هذه الحركية عدة مظاهر تسمى بمظاهر التكاثف.

II-مظاهر التكاثف:

II-1مظاهر التكاثف في الهواء الملامس لسطح الأرض:

أ- **الندى:** هو عبارة عن قطرات مائية تشاهد صباحا فوق الأسطح الصلبة ،وزجاج السيارات وأوراق النباتات ...الخ، يحدث الندى خاصة أثناء الليالي التي تخلوا فيها السماء من السحب وبالتالي تساعد على سرعة فقدان الأرض لحرارتها عن طريق الاشعاع الأرضي والتي تهدأ فيها حركة الرياح(غياب الحركات الأفقية للغلاف الغازي)، ويصل انخفاض درجة حرارة الأجسام إلى انخفاض درجة الهواء الملامس لها ودرجة الحرارة تكون أعلى من الصفر.
يتكون الندى نتيجة استمرار عملية إضافة بخار الماء إلى الهواء أثناء النهار، وعندما تنخفض درجة حرارة الهواء في الليل تقل مقدرته على حمل بخار الماء فيتكاثف على الأجسام.

ب- الضباب: هو عبارة عن تركز لقطرات مائية متناهية الصغر، يبلغ قطرها حوالي0,08مم، تبقى هذه القطرات عالقة بالغلاف الغازي، تكون قريبة من سطح الكرة الأرضية،يشترط لحدوث الضباب انعدام الحركات الأفقية(الرياح) للغلاف الغازي كما يجب أن لا تنخفض درجة الحرارة(أن تكون فوق الصفر المئوي).وتكون الرطوبة النسبية أكثر من 80٪

ج- الصقيع: يشبه الندى من حيث أوقات ومواقع تكوينه، إلا أنه يختلف عنه في التكوين حيث يتألف من بلورات صغيرة من الثلج ويرجع ذلك إلى انخفاض درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض في هذه الحالة إلى أقل من درجة الصفر أي درجة تجمد الماء.

II-2مظاهر التكاثف في الهواء المرتفع:

أ- السحب: تتكون السحب نتيجة لوصول الغلاف الغازي إلى درجة التشبع، تعتبر السحب أول مظهر من مظاهر التكاثف، وهي عبارة عن جزيئات مائية عالقة بالغلاف الغازي، تكون هذه القطرات متناهية الصغر(يبلغ قطرها حوالي 0.02مم أو أقل)، تبقى هذه القطرات عالقة بالغلاف الغازي نظرا لصغرها المتناهي، وبسبب صغر الجزيئات المائية تتمكن الرياح من نقلها من مكان لآخر. ويمكن تقسيم السحب حسب نوعها إلى:

- **السحب الطبقية:** هي سحب تنتج عن رفع طبقة بأكملها من الهواء رفعا تدريجيا، فتعطي طبقة متصلة من السحاب ، يطلق عليها بالسحاب الطبقي، ويكون منخفض على شكل طبقات تغطي السماء ولاتظهر فيه القمم .

- **السحب الركامية:** هي سحب قادرة على النمو أو التراكم في الاتجاه الرأسي متأثرة بالتيارات الصاعدة محليا ، تبدو كقطع مستقلة، لها قمم مستديرة متعددة وتكون متوسطة الارتفاع.

سحب المزن: وهو السحاب الممطر ويكون مرتفعا.

ويرجع تشكل السحب إلى ارتفاع الكتل الهوائية الدافئة بسبب:

- **التسخين الأرضي:** يؤدي التسخين الشديد لسطح الأرض إلى تمدد الهواء الملامس وانخفاض وزنه فيرتفع الهواء الرطب على شكل تيارات صاعدة تؤدي إلى تبريد بخار الماء وتكاثفه على شكل سحب.

- **الارتفاع الإعصاري أو الجبهوي**: التقاء أو تداخل كتلتين هوائيتين مختلفتين بالخصائص الحرارية لا يؤدي إلى تجانس خصائصهما، فترتفع الكتلة الهوائية الدافئة فوق الكتلة الباردة،فإذا كانت الكتلة الدافئة رطبة فإن ارتفاعها يؤدي إلى تبريد بخار الماء وتكاثفه مما يعمل على تشكل السحب.

- **الارتفاع التضاريسي**: إن اعتراض سير الكتل الهوائية بالجبال ، يؤدي إلى ارتفاع الهواء الرطب وتكاثفه على شكل سحب.

- **ارتفاع الهواء المضطرب:** انتقال الكتل الهوائية من المسطحات المائية في البحار والمحيطات إلى سطح الأرض يؤدي إلى اضطراب الهواء بفعل زيادة ارتفاع سطح الأرض وخشونته وزيادة الاحتكاك مما يؤدي إلى ارتفاع الهواء وتكاثفه على شكل سحب.

ب- البرد: يحدث البرد غالبا في الفصل الحار، مع ضرورة توفر شروط التكاثف، تحدث هذه الظاهرة بعد ارتفاع درجة الحرارة بشكل غير مألوف، هذا الارتفاع ينشط الحركات العمودية للكتل الهوائية التي تبقى في تصاعد مستمر، بارتفاعها تنخفض درجة حرارة هذه الكتل الهوائية فتتكاثف ويقل حجمها ويزيد وزنها فتحاول السقوط، لا تستطيع هذه الكتل الهوائية السقوط لاستمرار تصاعد الكتل الهوائية، تبقى هذه العملية مستمرة(كتل متصاعدة وكتل تحاول السقوط)، فتتحول القطرات المائية إلى جزيئات صلبة بفعل عامل الارتفاع، تتغدى هذه الجزيئات في تصاعدها ومحاولة نزولها بالقطرات المائية العالقة بالغلاف الغازي، يزداد حجم هذه الكريات شيئا فشيئا وتسقط عندما تتغلب على الكتل الهوائية المتصاعدة.

ج- الثلج:يسقط الثلج غالبا في الفصل البارد، يشترط لحدوثه بالإضافة إلى شروط التكاثف أن تنخفض درجة الحرارة إلى مادون الصفر على سطح الكرة الأرضية، وعند مستوى التكاثف(مستوى التكاثف هو الارتفاع الذي يحدث عنده التكاثف يكون هذا المستوى في حالة الثلج قريبا نسبيا من سطح الكرة الأرضية، تكون درجة الحرارة شديدة الانخفاض عند هذا المستوى ، تتحول جزيئات بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة وبعدها إلى حالة التجمد دون

المرور بالحالة السائلة، تكون هذه الجزيئات الصلبة عند مستوى التكاثف بساط يمتد في البداية أفقيا يبدأ هذا البساط في التزايد عموديا، إلى أن يصل إلى نقطة معينة بحيث لا يستطيع تحمل الثقل المتراكم فوقه، فينقطع ويبدأ الثلج في التساقط ببطء لانعدام الحركات العمودية للغلاف الغازي

د- الأمطار: تعرف الأمطار على أنها قطرات مائية يتراوح قطرها مابين 0,5 مم و3مم، أي أن قطرات الأمطار أكبر من القطرات المكونة لمظاهر التكاثف الأخرى، وتختلف أنواع الأمطار تبعا للطرق المتنوعة التي تؤدي إلى صعود الهواء الدافئ الرطب إلى أعلى ثم تعرض هذا الهواء للبرودة والتكاثف في طبقات الجو العليا وسقوطه على شكل مطر، يمكن أن نميز ثلاث عمليات رئيسية مختلفة تؤدي إلى صعود الهواء ومن ثم نميز ثلاث أنواع من الأمطار

- **الأمطار الانقلابية(أمطار تيارات الحمل الصاعدة):** يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض في المناطق الحارة ويصعد إلى أعلى ويحل محله وأسفل منه هواء أبرد نسبيا ويستمر الهواء في الصعود إلى أعلى عدة آلاف من الأمتار إلى حين تتشابه درجة حرارته مع درجة حرارة الهواء الآخر العلوي الذي يحيط به في الطبقات العليا من التروبوسفير فتتكون سحب من نوع المزن الركامي، عندما يصل الهواء إلى نقطة الندى وفي حالة توفر نويات التكاثف تتكون قطرات الماء الكبيرة الحجم وتسقط على شكل أمطار انقلابية، تحدث هذه الظاهرة في المناطق المدارية

- **الأمطار التضاريسية(Orographic rain):** تحدث هذه الأمطار عندما تصدم كتلة هوائية بمرتفعات جبلية، هذا الاصطدام يؤدي بهذه الكتلة إلى الارتفاع مما يقلل من درجة حرارتها، فيحدث التكاثف تسمى الأمطار التي تسقط بعد ذلك الأمطار التضاريسية، تكون هذه الأمطار أكثر غزارة على السفوح المواجهة لاتجاه الكتلة الهوائية، وتقل في السفوح غير المواجهة لاتجاه هذه الكتلة الهوائية

- **الأمطار الإعصارية:** تحدث بالتقاء كتلتين هوائيتين غير متجانستين إحداهما باردة والثانية دافئة، عند الالتقاء يحدث التصادم بين الكتلتين فيسمع له دوي(رعد) وتنتج شرارة كهربائية(برق) بعد التصادم ترتفع الكتلة الحارة لخفة وزنها أما الباردة فتبقى في الأسفل ، عند ارتفاع الكتلة الحارة بتوفر شروط التكاثف تنخفض درجة حرارتها فيحدث التكاثف

ملاحظة:إن عملية تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم لا يعني بالضرورة حدوث عمليات التساقط الجوي ، ففي كثير من الحالات توجد في الغلاف الجوي العديد من الغيوم دون حدوث تساقط للقطرات المائية، لذلك يجب توفر مجموعة من الشروط حتى تحدث عملية التساقط إضافة لشروط التكاثف السابقة يجب تنامي القطرات المائية وتزايد حجمها بفعل الاندماج والتلاصق مما يزيد في وزنها إلى الدرجة التي يصعب على الهواء حملها فتعمل الجاذبية على إسقاطها على سطح الأرض إضافة إلى عامل عدم ثبات الكتلة الهوائية.

III-أسباب سقوط الأمطار:

هناك عدة نظريات مفسرة لأسباب تساقط الأمطار من بينها نظرية الإندماج

- نظرية الاندماج

تنشأ الأمطار من بخار الماء في الغلاف الجوي الذي يتكون من تبخر مياه البحار والمحيطات وغيرها من المسطحات المائية، حيث يتعرض الهواء الرطب الدافئ في صعوده إلى التبريد التدريجي، وتقل كمية بخار الماء التي يمكن حملها، وتسمى درجة الحرارة التي لا يمكن للهواء عندها أن يستوعب كمية إضافية من الرطوبة نقطة الندى.

عند انخفاض درجة الحرارة إلى مادون نقطة الندى يتكاثف بخار الماء على شكل رذاذ مشكلا السحب، ويتكاثف بخار الماء على شكل جسيمات متناهية الصغر حول أنوية التكاثف.

عند تكاثف بخار الماء تنطلق حرارة منه مما يجعل السحب ساخنة وهذا يدفعها إلى أعلى وبذلك تصبح أكثر برودة وتتشكل قطرات المطر الكبيرة التي بسقوطها على غيمة أخرى تندمج معها مليون قطيرة وبهذه الطريقة تصل القطرة إلى ثقل لا يستطيع الهواء تحمله، فيسقط بعضها على الأرض على شكل قطرات مطر وتتحطم القطرات المتبقية التي يزيد قطرها عن 6ملم إلى رذاذ وتتكرر عملية اندماج المطر.

IV-العوامل المؤثرة في التباين المكاني للتساقط:

تتباين كمية التساقط الجوي باختلاف دوائر العرض، كما تتباين موقعيا ضمن الدائرة العرضية الواحدة ويرجع ذلك إلى جملة من العوامل:

- الموقع بالنسبة لليابس والماء: إن المصدر الأساسي للتساقط الجوي هو بخار الماء، الذي مصدره الأساسي هو البحار والمحيطات في المناطق الساحلية، وتنخفض في المناطق القارية الداخلية لبعدها عن تأثير المسطحات المائية.

- مستوى سطح الأرض: إن ارتفاع سطح الأرض يعمل على رفع الرياح المتعامدة مع اتجاه المرتفعات مما يساهم في زيادة عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم والأمطار، في حين تعمل المرتفعات على الحد من التساقط الجوي في المناطق الواقعة باتجاه معاكس لحركة الرياح واتجاهها والتي تسمى بمناطق ظل المطر.

- أنطقة الضغط الجوي: للضغط الجوي بالمنطقة علاقة بكمية التساقط الجوي، وذلك لدوره في تحديد اتجاه حركة التيارات الهوائية (الصاعدة والهابطة)، مثلا وجود منطقة الضغط الجوي المنخفض في المناطق الاستوائية والمعتدلة يعمل على تزايد نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وجذب الأعاصير والمنخفضات الجوية ما يساهم في زيادة عملية تكاثف بخار الماء وتشكل الغيوم وتساقط الأمطار.في حين تسهم التيارات الهوائية الهابطة في المناطق المدارية والقطبية في الحد من تكاثف بخار الماء وتشكيل السحب بفعل وجود منطقة الضغط الجوي المرتفع مما يخفض من كمية التساقط الجوي.