محاضرات مقرر فيزياء الأرصاد الجوية

تجميع وإعداد د/ فاطمة الزهراء محمد نبيه حسن
مدرس الفيزياء النظرية بقسم الفيزياء-كلية العلوم -جامعة دمياط.

الفصل السادس:الرطوبة الجوية
الفصل السابع: التكاثف
الفصل الثامن: التساقط

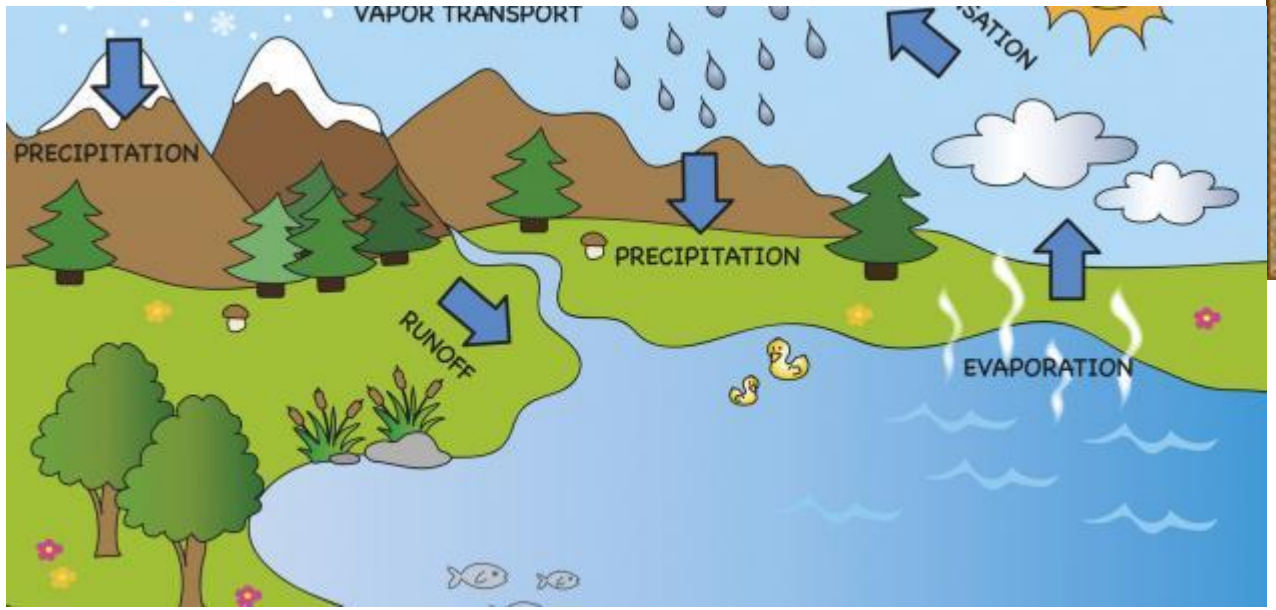
المراجع

- جغرافية المناخ والبيئة تأليف أ.د./ محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠٠٨ ،دار المعرفة الجامعية.
- موقع ويكيبيديا الموسوعة الحرة .
- موقع طقس العرب

الفصل السادس:الرطوبة الجوية Humidity

- **رطوبة الهواء** أو **الرطوبة الجوية** هي كمية بخار الماء الموجودة في الهواء -وبخار الماء أحد غازات الغلاف الجوي- وخاصة في طبقة التروبوسفير (طبقة الجو السفلى)، وهو الصورة التي يتحول إليها الماء من الحالة المستقرة على سطح الأرض إلى الحالة الغازية التي تستقر في الغلاف الجوي بواسطة عملية التبخر(Evaporation)، ولا تتجاوز المدة التي يمكث فيها جزئ الماء في الغلاف الجوي عشرة أيام يتحول بعدها إلى الحالة السائلة أو الصلبة(بلورات ثلجية) بواسطة عملية التكاثف(Condencation) ، سواء تكاثف مباشر على الأرض (الندى ،الصقيع) أو قريبا منها (الضباب)، أو بعيدا عنها (السحب) وفي الحالة الأخيرة يعود مرة أخرى إلى سطح الأرض متساقطاً على شكل مطر أو ثلج أو برد بواسطة عملية التساقط (Precepetation) وتشكل العمليات الثلاثة التبخر، التكاثف، والتساقط المحاور الأساسية لحركة بخار الماء بين سطح الأرض والغلاف الجوي وهو ما يسمى بالدورة المائية hydrological cycle.

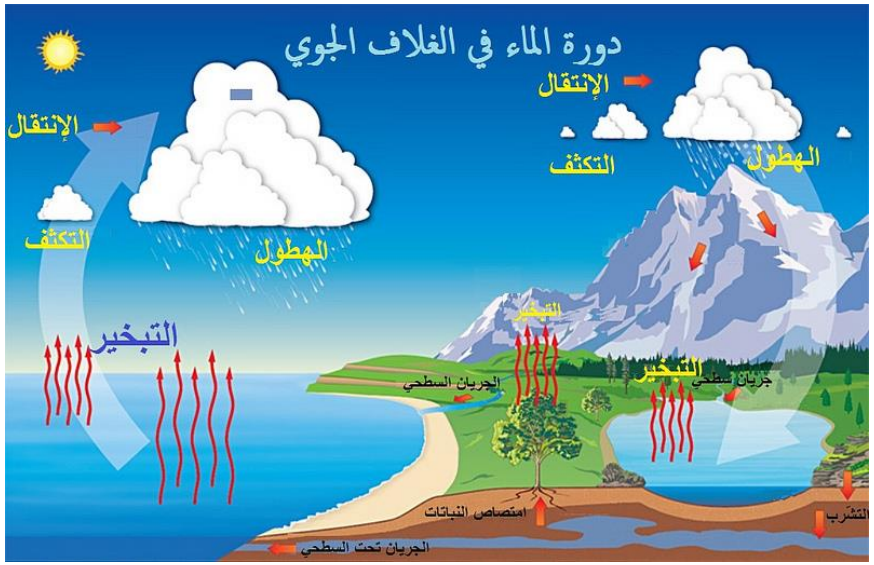
دورة المياة على سطح الأرض

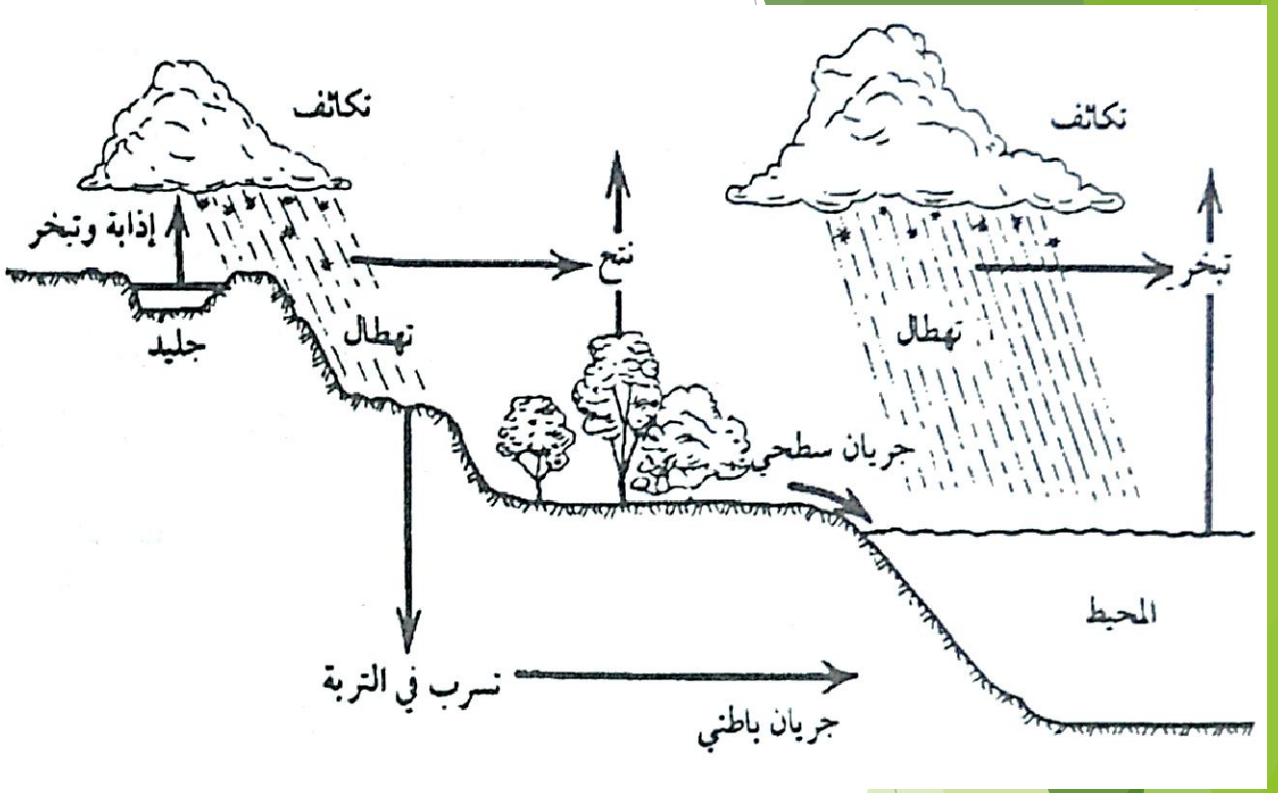


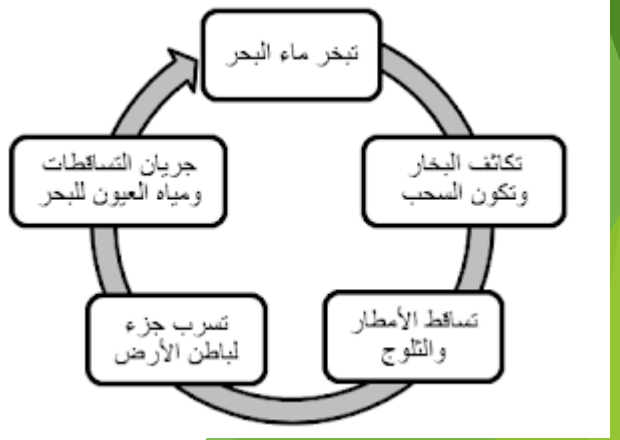
- يتحرك الماء بصوره السائلة والصلبة والغازية بين البحار والمحيطات واليابس والغلاف الجوي في حركة يتبادل فيها الموقع الجغرافي والحالة الفيزيائية(الطبيعية) له ، ويحدث ذلك في دورة طبيعية منظمة ودقيقة تشمل كل بقاع الأرض تسمى الدورة المائية.

- يتحرك جزئ الماء من مصادره على اليابس أو المسطحات المائية نحو الغلاف الجوي بواسطة عملية التبخر، فيتبخر سنويا من مسطحات البحار والمحيطات حوالي ٣٦٠٠٠٠ كم٣ من المياه، وفي الوقت ذاته يتبخر سنوي من اليابس(التربة ،النبات، المسطحات المائية على اليابس) حوالي ٦٢٠٠٠كم٣ من المياه، فيبلغ الإجمالي السنوي لكمية المياه المتحولة إلى بخار ماء على سطح الكرة الأرضية نحو ٤٢٢٠٠٠كم٣، ثم تتحول هذه الكمية من بخار الماء بواسطة عملية التكاثف إلى الحالة السائلة أوالصلبة مرة آخرى وتعود إلى سطح الأرض بواسطة عملية التساقط فيستقبل اليابس سنويا نحو ٩٨٠٠٠كم٣ من المياه، في حين تستقبل مسطحات البحار والمحيطات سنويا من المياه على سطح الأرض يعادل نحو ٤٢٢٠٠٠كم٣ وهو ما يعادل الكمية المتبخرة منه وعليه فالميزانية المائية ثابتة على سطح الكرة الأرضية. (Moran. M. &Morgan. D.,op.cit.,p.129.)

- يستقبل اليابس كمية من المياه المتساقطة أكبر من تلك المتبخرة منه، أما مسطحات البحار والمحيطات فتستقبل كمية أقل من المتبخرة منها.


دورة الماء في الغلاف الجوي
الإنتقال
الإنتقال
التكثف
الهطول
التكثف
الهطول
التبخير
التبخير
التبخير
الجريان السطحي
جريان سطحي
امتصاص النباتات
التشرب
الجريان تحت السطحي


نكاثف
إذابة وتبخر
جليد
نتح
تهطال
نكاثف
تبخر
تهطال
جريان سطحي
المحيط
تسرب في التربة
جريان باطني


تبخر ماء البحر
تكاثف البخار وتكون السحب
تساقط الأمطار والثلوج
تسرب جزء لباطن الأرض
جريان التساقطات ومياه العيون للبحر

- **التبخر** هو تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية من مصادره التي تتمثل في المسطحات المائية المكشوفة كالبحار والمحيطات(٧١% من مساحة الكرة الأرضية) أو المجاري المائية والمستنفعات العذبة (٢%) أو من اية مصادر أخرى غير مباشرة مثل الغطاء النباتي والتربة أو أية أجسلم مبللة معرضة للجو.
- تنشط عملية التبخر كلما أرتفعت درجة الحرارة وزادت سرعة الرياح.
- يتحول الماء الموجود في أجسام النبات إلى بخار ماء يدخل الغلاف الجوي بواسطة عملية النتح (Transpiration) . تتحد مع عملية النتح مع عملية التبخر وتتحكمان في نسبة بخار المتء في الجو.
- كمية بخار الماء في الهواء متباينة مكانيا حسب البعد أو القرب من مصادره ومتباينة زمانيا حسب تباين درجة حرارة الهواء على مدار السنة.
- تتوقف كمية بخار الماء الموجودة في الجو بفعل عمليتي النتح والتبخر على أربعة عوامل أساسية وهي: كمية المياه المتاحة-كمية الطاقة المتاحة - سرعة الرياح- معدل تباعد بخار الماء عن سطح الأرض.

قياس التبخر

- تعد أحواض التبخر أكثر الطرق شيوعا لقياس التبخر وفيها يتم قياس التبخر عن طريق حوض معدني له أبعاد محددة يملأ بالماء يكون مكشوفا فوق سطح الأرض، وعن طريق حساب الفرق بين مستوى الماء في الحوض بعد ملئه مباشرة ومستواه في نهاية القياس ثم خصم كمية التساقط منه في حالة تساقط الأمطار نحصل على كمية التبخر من المياه.
- يستخدم جهاز الليزيمتر Lysimeter في قياس التبخر أيضا وهو جهاز دقيق يعتمد على قياس كمية التبخر من المياه الموجودة في كتلة كبيرة من التربة.

الرطوبة ومقاييسها

- من المعلوم أن الهواء البارد له قدرة محدودة في إستيعاب بخار الماء وذلك بالمقارنة مع الهواء الدافئ الذي له قدرة أكبر من الهواء البارد على حمل بخار الماء بسبب إرتفاع درجة حرارته.
- يتم وصف رطوبة الجو(كمية بخار الماء فيه) بصيغ مختلفة تتناول العلاقة بين كمية بخار الماء وكمية الهواء الذي يحتويه ونوع الهواء كونه جافا أو متشبعا ومنها:

١- **الرطوبة النوعية** وهي النسبة بين كمية بخار الهواء وكمية الهواء المحتوي عليه وتتباين على سطح الكرة الأرضية ولكنها لا تزيد عن ٢% وتحسب بالمعادلة الآتية

$$\text{الرطوبةالنوعية} = \frac{\text{كمية بخار الماء}}{\text{كمية الهواء المحتوي عليه(هواء جاف+بخار الماء)}} \times ١٠٠$$

٢-الرطوبة المطلقة: تعبر عن وزن بخار الماء (بالجرام) لكل وحدة حجم من الهواء الجاف (متر مكعب) فإذا كان الناتج مثلا ٨ جرام /متر مكعب ، فيعني ذلك أن كل متر مكعب من الهواء يحتوي على ثمانية جرامات من بخار الماء. وتعتبر كمية غير مفيدة في وصف حالة الجو.

- **الرطوبة النسبية:** وهي أكثر مقاييس الرطوبة شيوعا لوصف بخار الماء في الهواء، فهي تقارن بين التركز الحقيقي لبخار الماء في الهواء وتركز بخار الماء في الهواء نفسه في درجة التشبع.

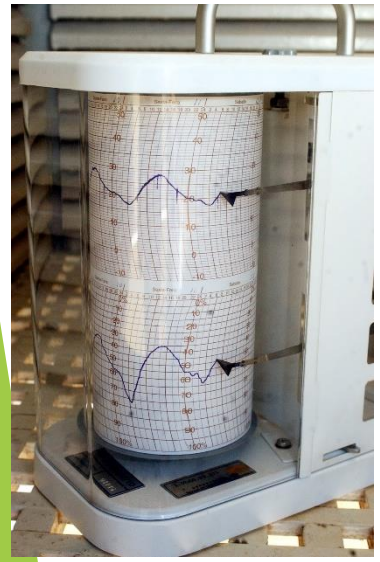
- الرطوبةالنسبية $= \frac{\text{ضغط بخار الماء في الهواء}}{\text{ضغط بخار الماء في الهواء نفسه في حالة التشبغ}} \times ١٠٠$

- الرطوبةالنسبية $= \frac{\text{الرطوبة المطلقة للهواء}}{\text{الرطوبة المطلقة للهواء في حالة التشبع}} \times ١٠٠$

- إذا تساوى التركز الحقيقي لبخار الماء في الهواء مع تركز بخار الماء في حالة التشبع تكون الرطوبة النسبية ١٠٠% وهذا يعني أن الهواء مشبعا ببخار الماء ولا يستطيع التحمل أكثر.

- يستخدم الهيجرومتر Hygrometer وهو جهاز قائم على فكرة إنكماش وتمدد شعر الإنسان حيث يتغير طول شعر الإنسان بحوالي ٢.٥ %عندما تتغير الرطوبة النسبية من صفر إلى ١٠٠%.

- أيضا يستخدم جهاز السكروميتر Psychrometer وهو يتكون من ثرمومترين مثبتين متجاورين يلف على مستودع الزئبق لأحدهما قطعة من القماش المبلل ويترك الآخر جافا، ويتم تحريك الهواء أمامهما عن طريق مروحة كهربائية صغيرة مثبتة في الجهاز ثم تقرأ درجة حرارة كل ثرمومتر على حدة، ومن خلال جداول مخصصة تحسب الرطوبة النسبية.
- يستخدم الهيجروجراف في تسجيل الرطوبة النسبية آليا على ورقة رسم بياني مثلثة فوق ساعة على هيئة اسطوانة تدور دورة كاملة كل ٢٤ ساعة وهو جيد ويشاع استخدامه في محطات الأرصاد الجوية.



نقطة الندى Dew Point ونقطة الصقيع Frost Point

- **نقطة الندى** وهي تعبر عن درجة الحرارة التي يصبح عندها الهواء مشبعا ببخار الماء أي التي يبلغ عندها الرطوبة النسبية ١٠٠%، فإذا انخفضت درجة الحرارة عن نقطة الندى تبدأ عملية التكاثف ويتحول بخار الماء إلى الصورة السائلة إذا كانت نقطة الندى أعلى من الصفر المئوي وإلى الصورة الصلبة (الثلج) إذا كانت نقطة الندى أقل من الصفر المئوي وتسمى في هذه الحالة نقطة الصقيع.
- يدل إرتفاع نقطة الندى على عظم تكاثف بخار الماء.
- عندما يكون الفارق بين درجة حرارة الهواء ونقطة الندى صغيرا دل ذلك على إرتفاع الرطوبة النسبية.كثير من الناس لا يشعرون بالراحة عندما ترتفع نقطة الندى أكثر من ٢٠ ° م.

الفصل السابع: التكاثف

- **التكاثف**: هو تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة(قطرات مائية) أو إلى الحالة الصلبة (بلورات ثلجية).
- يحدث التكاثف بتوافر شرطين أساسين: الأول أن تنخفض درجة حرارة الهواء إلى أقل من نقطة الندى)أن تكون نقطة الندى أقل من الصفر المئوي وتسمى عندها نقطة الصقيع، الشرط الثاني : أن تتوافر نوايات التكاثف وهي جسيمات الغبار الجوي والمواد العالقة من بلورات ملحية وبعض الأحماض والأكاسيد المتطايرة والأتربة التي يحملها الهواء، حيث تجذب هذه الجسيمات جزيئات الماء في الهواء وتتجمع فوقها مكونة قطرات مائية صغيرة أو بلورات ثلجية تبعا لدرجة حرارة نقطة الندى.
- تنجذب جزيئات الماء إلى البلورات الملحية المتطايرة أكبر من إنجذابها لذرات الغبار والأتربة.
- عندما يحدث التكاثف فوق سطح الأرض ومحتوياته مباشرة يسمى عندئذ بالندى، وعندما يكون إرتفاعه بضعة مئات من الأمتار يعرف بالضباب ويسمى سحبا عند مستويات بعيدة من سطح الأرض لا يتجاوز إرتفاعها ١٣ كم.

- يشكل الندى مصدر الرطوبة للتربة و النبات ، و يؤخر عملية تبخر الماء من التربة ، كما يؤخر عملية النتح من أوراق النبات لمدة قليلة من الزمن . كما يحفظ النبات من الآفات الزراعية التي لا تستطيع دخول أوراق النباتات المبللة بالندى .
- تحتاج ظاهرة حدوث الندى إلى عدة شروط :-

١- توافر الرطوبة.

٢- الليالي الصافية من الغيوم لان ذلك يساعد على فقدان سطح الأرض و ما عليها من أجسام للحرارة إلى نقطة الندى ، لذلك يقل احتمال تكون الندى في الليالي الغائمة .

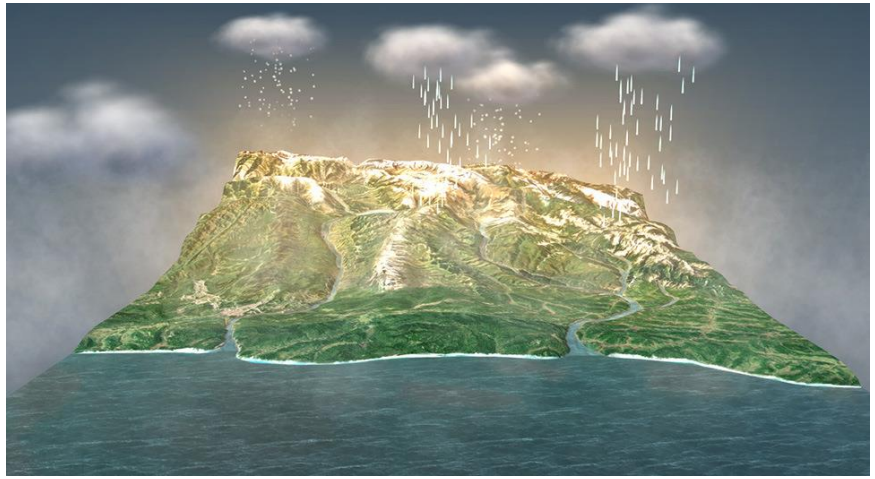
٣- هدوء الرياح ليلا ، لان الرياح السريعة تعمل على خلط الهواء الذي يبرد بالهواء الدافئ مما يقلل فرص تكون الندى .

- أسباب حدوث الصقيع هي نفسها نفس اسباب الندى مع شرط أن تكون درجة الحرارة أقل من الصفر المئوي بينما الندى أكبر من الصفر المئوي كما سبق توضيحه.
- يعد الصقيع أحد الأخطار المناخية على الزراعة بسبب تجمد المياه في جسم النبات بين الخلايا فيزداد حجمه مما يسبب تقطع الأغشية البروتولازمية وموت الخلايا، ونفس الشيئ عند ذوبان الماء يحدث تلف وموت للخلايا أيضا-يوقف تجمد الماء بسبب الصقيع إلى توقف عملية النتح فتذبل الأوراق والساق تدريجيا ان استمر تعرض المحاصيل للصقيع.

- **الضباب**: هو صورة من صور التكاثف كما سبق وأوضحنا يحدث على بعد عدة أمتار من سطح الأرض يسبب الضباب في انخفاض الرؤية إلى أقل من ١٠٠٠ م مما يشكل خطورة على حركة النقل والمواصلات وبخاصة على طرق النقل بالسيارات وبخاصة السريعة منها وفوق مهابط الطائرات وداخل القنوات الملاحية وعندما يكون الضباب خفيفا يسمى الشابوره.
- **أسباب حدوث الضباب:** انخفاض درجة الحرارة للهواء إلى دون نقطة الندى بسبب تبدد الاشعاع الأرضي في الليالي الباردة الخالية من السحب فوق النطاقات الرطبة - استقرار الهواء وإنعدام الحركة الرأسية للهواء المتصاعد إلى أعلى مما يؤدي الى احتفاظ الهواء ببخار الماء قريبا من سطح الأرض-هدوء الرياح السطحية.
- يمكن تقسيم الضباب إلى ١- الضباب الإشعاعي-٢- الضباب الأفقي-٣-ضباب الجبهات-٤-ضباب العروض العليا-٥-ضباب المنحدرات.
- **السحب:** هي مصدر التساقط من مطر أو ثلج أو برد على سطح الأرض وتتباين في الشكل والحجم والارتفاع تبعا لدرجة تشبع الهواء ببخار الماء وحركة الهواء الرأسية والأفقية ومدى استقرار أو عدم استقرار الطقس، وتنقسم إلى سحب مرتفعة-متوسطة الإرتفاع-منخفضة.
- يتم تقدير ارتفاع قاعدة السحب عن مستوى سطح الأرض بإستخدام جهاز تقدير ارتفاع السحب.

الفصل الثامن : التساقط

- التساقط هو أحد مراحل الدورة المائية وفيه تعود المياه في حالتها السائلة أو الصلبة من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض مرة أخرى بعد أن تركته نحو الغلاف الجوي.
- التكاثف على هيئة سحب لا يعمى التساقط لأن التساقط من السحب يحتاج إلى عمليات جوية مرتبطة بتيارات الحمل الحراري، وإنحدار الضغط الجوي، وتدفق التيارات الهوائية الصاعدة. يعتمد وصول المياه الناتجة عن التساقط على خصائص قطاع الهواء الذي يفصل بين تلك السحب وبين سطح الأرض.



كيفية حدوث التساقط

- تتكون السحب من قطرات مائية أو بللورات ثلجية أو الأثنين معا دقيقة جدا يحملها تيار الهواء الصاعد داخل السحب ويظل يمنعها من الهبوط، وسقوطها على سطح الأرض حتى يعجز عن حملها، وفي حالة سقوطها يكون هبوطها بطئ وتتعرض للتبخر في الهواء الموجود أسفل السحب وخاصة في حالة عدم تشبعه ببخار الماء.
- تعتمد سرعة سقوط قطرات المياه أو بللورات الثلج على قوة الجاذبية الأرضية، وقوة الهواء الصاعد المتدفق من سطح الأرض، فإذا تساوت قوة الهواء الصاعد مع قوة الجاذبية الأرضية تتساقط قطرات المياخ أو بللورات الثلج في سرعة ثابتة تسمى السرعة النهائية.
- ترتبط السرعة النهاية لقطرات المياه أو بلورات الثلج طرديا مع حجم تلك الجزيئات أو القطرات بمعن عندما يكون حجم القطرات صغيرا كانت السرعة منخفضة والعكس صحيح.
- للتساقط أشكال وهي الرذاذ-المطر-الرذاذ المتجمد-الثلج-البرد، والمطر هو أهمها.
- يمكن بذر السحاب أو صناعة المطر باستخدام حقن السحب بواسطة الطائرات بجزئيات يوديد الفضة التي تتشابه خصائصها الطبيعية مع بلورات الثلج، أو حقنها ببلورات الثلج المجفف (ثاني أكسيد الكربون المجمد في درجة حرارة -٨٠°م، فتحدث عملية إلتحام البللورات الثلجية مع البللورات المحقونة فتنمو بللورات الثلج ويزيد حجمها ووزنها فتهبط إلى سطح الأرض.

ظواهر ضوئية مرتبطة بالتساقط

- تنعكس الأشعة الضوئية أو تنكسر عند إختراقها قطرات المطر أو بللورات الثلج أثناء سقوطها إلى سطح الأرض.
- **الهالة الضوئية:** وتظهر الهالة على هيئة حلقة ضوئية تحيط بالشمس وأحيانا بالقمر بسبب انكسار أشعة الشمس داخل بللورات الثلج المتساقطة سداسية الشكل.
- **قوس قزح:** تتدرج فيه ألوان الطيف السبعة (أحمر-برتقالي-أصفر-أخضر-أزرق-نيلي-بنفسجي) ويحدث ذلك نتيجة حدوث انكسار وإنعكاس للاشعة الشمسية بواسطة قطرات المياه، فعندما تخترق الأشعة الشمسية قطرة المياه تنكسر بداخلها ثم تعكس قطرة المياه الأشعة المنكسرة مرة آخرى إلى خارج قطرة المياه فتنكسر مرة أخرى عند خروجها

عواصف البرق والرعد

- هي من أكثر انظمة الطقس شيوعاً على سطح الأرض وتحدث في طبقة التروبوسفير وأحيانا تتعدى مستوى التروبوبوز، وهي تصاحب حدوث التساقط من سحب المزن الركامي، وأهم ما يميزها هو رؤية البرق (ضوء قوي مفاجئ) وسماع الرعد (صوت قوي مفاجئ) بشكل متقطع، ولا يتجاوز زمن العاصفة الساعة الواحدة، كما يصاحبها سقوط حبات البرد، وتتباين شدة العاصفة فتكون أحيانا خطرة على الحياة عند سطح الأرض حين تشتد سرعة الرياح وتتساقط أمطار غزيرة يصاحبها حبات برد كبيرة، أو عندما تصل صاعقة البرق إلى سطح الأرض.

- نتيجة لتغير اختلاف اتجاه وسرعة حركة قطرات المطر وبللورات الثلج وتكرار صعودها لأعلى السحابة بفعل تيارات الحمل الحراري الصاعدة وهبوطها بعد أن تندمج مع غيرها بفعل الجاذبية الأرضية ونتيجة لإحتكاكها ببعضها يتشكل شحن كهربائي مختلف داخل السحابة فتكون أعلى السحابة موجبة الشحنة وأسفلها سالبة الشحنة فيحدث فرق جهد يتبعه تفريغ كهربائي بالسحابة نفسها أو يمكن أن يحدث البرق بسبب اختلاف الشحن بين السحابة ذات القاعدة سالبة الشحنة وسطح الأرض موجب الشحنة فتحدث الصاعقة بين السحابة والأرض ويشكل هذا النوع خطرا على الحياة بنسبة ٢٠% من إجمالي عدد مرات البرق التي تحدث على سطح الأرض والتي تبلغ نحو ٢٠٠٠ صاعقة في العام.

- ترتفع درجة حرارة الهواء جدا بسبب حدوث البرق بجهد قوي وبشكل فجائي وسريع يعجز الهواء على التمدد بشكل طبيعي فتضغط جزيئاته جأ بما يتراوح بين ١٠ ، ١٠٠ مرة أكثر من ضغطها الطبيعي فينتج عن ذلك حدوث موجات صوتية قوية تشكل صوت الرعد. يحدث البرق والرعد في آن واحد ولكن سرعة الضوء تفوق سرعة الصوت لذا يرى المشاهد البرق أولا ثم يسمع الرعد ثانياً كما يمكن رؤية البرق من مسافات بعيدة جداً.

قياس المطر

- تتعدد مقاييس المطر في محطات الأرصاد الجوية، فمنها من يقيسه عن طريق تجميعه وحساب كميته، ومنها ما يقيس كميته وفترة سقوطه وشدته، ومنها اليدوي ومنها الآلي.
- منها مقياس المطر ويعتبر أبسط الأجهزة المستخدمة ومنها جهاز وزن مياه المطر وأجهزة آخرى متعددة.
- تتباين نطاقات سطح الأرض في كونها نطاقات ممطرة أو جافة - من حيث موسمية سقوط المطر ونوعه وشدته وكميته على العوامل الآتية:

١- الموقع بالنسبة للمسطحات المائية. ٢- تضاريس سطح الأرض.

٣- الإشعاع الشمسي. ٤- درجة الحرارة. ٥-الضغط الجوي. ٦-إتجاه الرياح.

٧-الأعاصير