المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم
الإدارة العامة للتعليم بالهفوف
مدرسة الإمام الطحاوي الثانوية

الغلاف الجوي

إعداد الطالبان :
عبد الحكيم بن عيسى الحويل
جمال بن عبد الله الخوفي

العام الدراسي
١٤٣٨ – ١٤٣٩ هـ

قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
قائمة المحتويات	٢
المقدمة	٣
ما هو الغلاف الجوي ؟	٤
مكونات الغلاف الجوي	٤
طبقات الغلاف الجوي	٦
تلوث الغلاف الجوي	٩
الأجهزة المستخدمة في أخذ المعلومات من الغلاف الجوي	١٠
الخاتمة	١١
قائمة المصادر	١٢

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على أشرف خلق الله النبي الأمين نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين .

أما بعد ...

قال تعالى : (اللَّهُ خَالِقُ كُلِّ شَيْءٍ ۖ وَهُوَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ وَكِيلٌ) **الزمر ٦٢**

لقد خلق الله هذا الكون وقدره تقديرا ، وأبدع فيه كل صغيرة وكبيرة ، وما من شيء خلقه الله إلا لحكمة بالغة ، قد تدركها عقولنا وقد لا تدركها ، ومن النعم العظيمة علينا أن يسر لنا هذا الكون بكامله ، وسخره لنا ؛ لنحيا ونعمر هذه الأرض .

قال تعالى : (أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً ۗ) **لقمان ٢٠**

سنتحدث في بحثنا هذا عن الغلاف الجوي الذي خلقه الله لنا ليحمينا من مخاطر كبيرة وأمراض كثيرة .

فنبدأ مع تعريف الغلاف الجوي ، ثم نتحدث عن مكوناته ، وطبقاته، والتلوث الذي يسبب بعض المشاكل التي تواجه هذا الغلاف، وأهم الأجهزة المستخدمة في رصد البيانات المتعلقة بالغلاف الجوي .

وبدون غلافنا الجوي سوف يتجمد جانب من كوكبنا بينما الجانب الآخر سيشوى تحت إشعاع الشمس القوي .

والواجب علينا بعد أن نعلم هذه الأمور هو المحافظة على هذه النعم ، وحمايتها من الزوال ، لأن حياتنا وحياة الأجيال من بعدنا تعتمد على حفظنا لهذه النعم .

ونسأل الله أن يجعل أعمالنا خالصة لوجهه الكريم ، ويزيدنا علماً وينفعنا به .

ما هو الغلاف الجوي ؟

في بداية الأمر علينا أن نعرف ما هو هذا الغلاف الجوي ؟

يمكننا تعريف هذا الغلاف الجوي ببساطة بأنه : غلاف من الغازات المختلفة الغير مرئية وتنجذب هذه الغازات بفعل الجاذبية الأرضية نحو الأرض.

وعلى الرغم من أننا لا نرى هذا الغلاف إلا أننا نشعر بوجوده من خلال الإحساس بعناصره المختلفة من رياح تهب ، وحرارة تنخفض درجاته وترتفع ، ورطوبة وأمطار وغيرها ، ويوفر الغلاف الجوي لكوكبنا الضغط المناسب ، ودرجة الحرارة المناسبة ، والأكسجين وهي المتطلبات الأساسية للحياة على الأرض.

مكونات الغلاف الجوي

يتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات كما هو موضح بالجدول التالي الذي يشتمل على الغازات الرئيسة في الغلاف الجوي ونسبها المختلفة تقريباً .

الغاز	النسبة المئوية (%)
النيتروجين (N_2)	78.88
الأكسجين (O_2)	20.949
الأرجون (Ar)	0.930
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	0.030
النيون (Ne)	0.0018
الهليوم (He)	0.0005
الأوزون (O_3)	0.00006

يعد النيتروجين أكثر هذه الغازات وجودا حيث يمثل تقريبا (% 78.88) من كمية الغازات الموجودة بالغلاف الجوي وهو غاز غير نشط في درجة الحرارة العادية .

وتتمثل أهميته في كونه مصدر النيتروجين اللازم لنمو النباتات . ويتحد مع غاز الأكسجين في درجات الحرارة المرتفعة أثناء عمليات احتراق الأنواع المختلفة من الوقود ليتحول إلى أكسيد

النيتروجين الذي يؤثر تأثيرا سلبيا على الإنسان بسبب تأثيره على التنفس وتسببه في العديد من الأمراض .

ويأتي الأكسجين في المرتبة الثانية بعد النيتروجين كثاني عنصر مكون للغلاف الجوي بنسبة (21%) تقريبا من مكوناته الغازية ، ويعد نتاج عملية البناء الضوئي على مستوى سطح الأرض ، وهو ضروري لكل عمليات التنفس والاحتراق ، وتحد مع عناصر أخرى تحت الظروف العادية .

يليه الأرجون ثم النيون والهليوم ، وهذه العناصر ليس لها تأثير يذكر على ظروف الطقس والمناخ .

بجانب ما سبق هناك ثلاثة غازات تمثل مع بعضها البعض نسبة صغيرة جدا من مكونات الغلاف الجوي ، هي : بخار الماء ($H_2O\ water-vapour$) وثاني أكسيد (CO_2) الكربون والأوزون (O_3) .

ورغم نسبها القليلة جدا إلا أن لكل منها أهميته في التأثير على عمليات الغلاف الجوي إلى جانب كونها من أكثر الغازات تأثيرا بالإنسان ونشاطاته المختلفة ، فبخار الماء قد تصل نسبته في الهواء في منطقة ما إلى نحو (4%) من جملة مكوناته الغازية ، بينما نسبته على مستوى العالم نحو (0.2%) فقط ، ويظهر الماء في الغلاف في حالة صلبة أو سائلة أو غازية ، وفي كل من حالات تحوله تخرج الحرارة الكامنة إلى الجو وهذه التغيرات في الواقع لها أهمية كبيرة في العمليات الجوية .

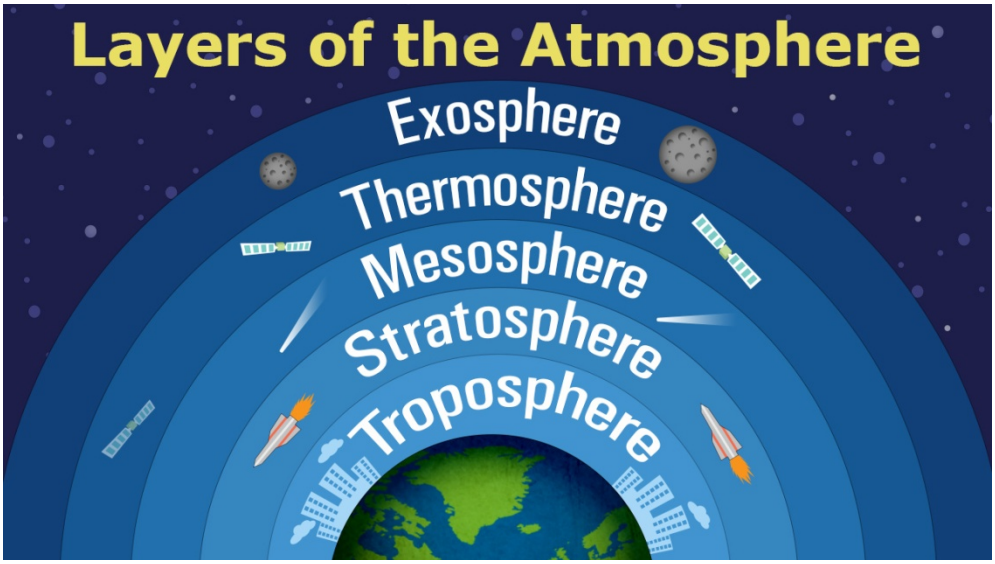
ويعمل بخار الماء على تشتت وامتصاص وانعكاس الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة ، ويمتص الإشعاع الأرضي الذي يتميز بموجاته الطويلة ، ومن ثم فبخار الماء يلعب دورا هاما في الميزانية الحرارية للأرض .

أما ثاني أكسيد الكربون فهو نتاج عملية التنفس وعمليات الاحتراق ، ويستخدم في النبات في عملية البناء الضوئي ، وتبرز أهميته في امتصاصه للطاقة الإشعاعية من الأرض .

أما الأوزون فتبرز أهميته في قدرته على امتصاص الأشعة الشمسية في الطبقات العليا للغلاف حيث يمتص الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الأقل من 0.3 ميكرومتر ، وهذه الأشعة ضارة جدا بالنسبة للإنسان والحيوان والنبات ، وبالتالي فإن الأوزون يحمي كل نظم الحياة على سطح الأرض، ولذلك فإنه من الأمور الهامة ألا تقل نسبة تركيز الأوزون في الجو ؛ لما يسببه ذلك من ارتفاع في درجة الحرارة بالطبقات الدنيا من الغلاف الجوي حيث تتغلغل الأشعة الشمسية بمعدل أكبر ، والعكس في حالة زيادة نسبة الأوزون يحدث انخفاض في درجات الحرارة .

ومن العناصر الجوية الأخرى ، الغبار الذي يعد أحد مكونات الغلاف الجوي ، وهو نتاج عمليات طبيعية مثل : الانفجارات البركانية ، وتعرية التربة. ونتاج عمليات بشرية أيضا مثل : الصناعة وغيرها . ويمكن للغبار أن يصل في طبقات الجو إلى ارتفاعات تتراوح ما بين ١٠ إلى ٥٠ كيلو متر ، وإن كان الجزء الأكبر يتركز في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ويعد الغبار من ملوثات الغلاف الجوي إلى جانب ما يقوم به من تشتيت للإشعاع الشمسي .

طبقات الغلاف الجوي



قسم العلماء الغلاف الجوي إلى طبقات مختلفة بناءً على الاختلاف في درجات الحرارة مع الارتفاع. وهي كالتالي :

طبقة التروبوسفير: إن كلمة تروبوسفير هي تسمية يونانية فـ (تروبو) تعني متغير و (سفير) تعني الكرة . طبقة التروبوسفير هي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي والملاصقة لسطح الأرض تعدّ هذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي بالنسبة لجميع أنواع الحياة على سطح الأرض.

يبلغ متوسط ارتفاع هذه الطبقة حوالي (12 km) وبالرغم من قلة سمك طبقة التروبوسفير مقارنة بسمك الغلاف الجوي فان حوالي (75%) من كتلة ومادة الغلاف الجوي توجد في هذه الطبقة، يختلف سمك هذه الطبقة بين خط الاستواء والأقطاب وذلك بسبب الاختلاف في درجات الحرارة في هذه المنطقتين.

تعدّ طبقة التروبوسفير الطبقة الفعالة في تغيرات المناخ، إذ يطلق عليها "الطبقة المناخية" لأنه يحدث بها جميع الظواهر الجوية كالضباب، والغيوم، والأمطار، والعواصف الرعدية والعواصف الرملية، وكذلك حدوث تقلبات المناخ و الطقس وما يتبع ذلك من رطوبة وحرارة وضغط. تحتوي طبقة التروبوسفير أيضا على معظم بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي لذلك تعدّ هذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي بالنسبة لعلماء الأرصاد الجوية وعلماء المناخ.

يبلغ متوسط درجة حرارة سطح الأرض في أسفل هذه الطبقة حوالي (15 ℃) تمتاز طبقة التروبوسفير بانخفاض في درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل 6 درجات مئوية لكل كيلومتر حيث يقل معدل التناقص هذا إلى ارتفاع 15 km إلى أن يتوقف هذا التناقص تماماً على ارتفاع نحو 20 km التي هي الحد الفاصل بين طبقة التروبوسفير والطبقة التي تليها طبقة الستراتوسفير يعرف هذا الفاصل

بطبقة التروبوبوز إذ تعرف طبقة التروبوسفير و التروبوبوز لدى العلماء بالغلاف الجوي السفلي .وعند حد التروبوبوز يصبح الهواء رقيقًا جدًا بحيث لا يكفي للحياة، وعادة ما يكون الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض أدفأ ،لأن أشعة الشمس التي تمر خلال الغلاف الجوي تسخن الأرض وبخار الماء، وبدورها تقوم الأرض بتسخين الهواء الملامس لها مباشرة.

ويكون الهواء باردًا في التروبوبوز، حيث تتكون السحب من بلورات الثلج، وأبرد جزء في طبقة التربوسفير هو التربوبوز الواقع فوق خط الاستواء، حيث يبلغ تصاعد الهواء أعلى حد له ، فتهبط درجة حرارة الهواء إلى مادون ($-80^{\circ}C$) أما درجة حرارة التروبوبوز فوق القطبين، فإنها تزيد عنها فوق خط الاستواء بـ ($30^{\circ}C$)، وفي بعض الأحيان، وبخاصة خلال الليل في فصل الشتاء، يكون الهواء الملامس للسطح أبرد من الهواء الذي يعلوه. وهنا تزداد درجة الحرارة في طبقة رقيقة من طبقة التروبوسفير كلما ارتفعنا إلى الأعلى. وهذه الحالة الشاذة تسمى "الانقلاب الحراري".

وتظهر أسوأ حالات التلوث الجوي في أثناء حدوث هذه الظاهرة، لأن الهواء البارد القريب من سطح الأرض يحتجز الملوثات ويمنعها من الانتشار أو الصعود إلى أعلى، وتدوم حالة الانقلاب الحراري حتى تقضي الأمطار أو الرياح على هذه الطبقة الهوائية الدافئة .

طبقة الستراتوسفير : تمتد طبقة الستراتوسفير من ارتفاع (20 km إلى 65km) فوق سطح البحر، تمتاز هذه الطبقة بازدياد في درجة الحرارة بشكل عام من حوالي 60 درجة مئوية تحت الصفر من طبقة التربوبوز إلى صفر درجة مئوية في أعلى الستراتوسفير .

وتمتاز هذه الطبقة بالاستقرار التام في جوها حيث ينعدم فيها بخار الماء وتكون جافة ، واقل كثافة من التروبوبوز ، كما تخلو من الظواهر الجوية كالغيوم والضباب والأمطار.. الخ ، لذا فإن الطيران في هذه الطبقة يعد مثالياً ومريحاً للطائرات ، تحتوي طبقة الستراتوسفير على مجموعة من الغازات الحقيقة التي تكون بصورة ذرية، أو جزئية ، أو مركبات غازية. في الستراتوسفير يوجد الأوزون و الذي كما ذكرنا سابقا له أثر كبير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية الشمسية وحمايتنا من مخاطرها.

طبقة الميزوسفير : وهي الطبقة التي تلي طبقة الستراتوسفير وتمتد من ارتفاع (56 km إلى 90km) فوق سطح البحر أي بسمك حوالي (24 km) تمتاز هذه الطبقة بتناقص مضطرب في درجات الحرارة مع الارتفاع حتى تصبح الحرارة في أعلى هذه الطبقة منخفضة جداً نحو ($100^{\circ}C$) والتي تعتبر أقل درجة حرارة في الغلاف الجوي في أعلى هذه الطبقة.

في طبقة الميزوسفير يتم احتراق الشهب الكونية القادمة إلى الأرض التي تصل إلى سطح الأرض على هيئة نيازك صغيرة نسبياً. تصل كثافة الغلاف الجوي في هذه الطبقة نحو (0.0007%) من كثافة الغلاف الجوي عند سطح الأرض، وهذه الكثافة هي في حقيقة الأمر متغيرة نتيجة المتغيرات التي تحصل في هذه الطبقة بسبب التغير في النشاط الشمسي.

تفصل الميزيوبوز طبقة الميزوسفير عن الطبقة التي تليه الايونوسفير، ويطلق العلماء على منطقة الستراتوسفير و الميزوسفير مع الستراتوبوز و الميزيوبوز الغلاف الجوي الأوسط.

طبقة الثيرموسفير : وهي أعلى طبقة في الغلاف الجوي. وتبدأ من نهاية حد الميزوبوز، وتستمر إلى الفضاء الخارجي. ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدًا، إذ إن (99.99%) من الغلاف الجوي يقع أسفل منه.

ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي لبقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي.

ففي الأجزاء الدنيا من طبقة الثيرموسفير، تتحطم معظم جزيئات الأوكسجين إلى ذرات الأوكسجين. وتحتوي الأجزاء العليا منها بشكل رئيسي على الهيدروجين والهليوم. تواجه طبقة الثيرموسفير أشعة الشمس مباشرة، فتعمل على تسخين الهواء الخفيف إلى درجة عالية جدًا.

وتقفز درجة الحرارة بسرعة من الميزوبوز إلى (600℃) عند ارتفاع (km 200) فوق سطح الأرض، ولكن في أثناء الرياح الشمسية تصل كمية إضافية من الإشعاع والجسيمات إلى طبقة الثيرموسفير. وهنا يصبح الهواء أكثر سخونة، حيث تصل درجة الحرارة إلى ما يزيد عن (2000℃) على ارتفاع (400 km) فوق سطح الأرض.

وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة من مصادر كونية أخرى بطبقة الثيرموسفير، فإن بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء أي تتأين. وتُسمى هذه الذرات المشحونة بالكهرباء أيونات. وتوجد معظم هذه الأيونات في الأجزاء السفلى من الثيروموسفير، لذلك تُسّمى هذه الأجزاء من الطبقة الغلاف الأيوني (الأيونوسفير). إذ تؤدي هذه الطبقة دورًا كبيرًا في الاتصالات الراديوية بعيدة المدى. وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغناطيسية إلى الأرض عوضًا عن انتشارها في الفضاء.

وتظهر يوميًا في طبقة الثيرموسفير حالات مدٍ غازي هائلة، وتغير حالات المد هذه اتجاهها كل ست ساعات. كما يظهر ضوء طبيعي في هذه الطبقة يسمى الفلق. ويحدث الفلق عندما تجذب الأرض تلك الذرات المتأينة في طبقة الثيرموسفير إليها، إذ تتحطم الجزيئات في طبقة الثيرموسفير مكوِّنة حلقة حول الأقطاب المغناطيسية للأرض، وينتج عن ذلك طاقة على شكل ضوء. ويسمى الفلق الذي يبدو في شمال الكرة الأرضية الفلق الشمالي. أما الفلق الذي يظهر في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فيسمى الفلق الجنوبي. يسمى الجزء العلوي من طبقة الثيرموسفير الإكسوسفير (الغلاف الخارجي) ، وترتفع إلى نحو (480 km) عن سطح الأرض إلى أن تنتهي في الرياح الشمسية.

ولا يوجد في الأكسوسفير إلا القليل من الهواء. ولا تجد السفن الفضائية والأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض في هذه المنطقة مقاومة تذكر. وتتحرك بعض الذرات والجزيئات في الأكسوسفير بسرعة هائلة جدًا، حيث تتغلب على قوة جاذبية الأرض، وتنطلق إلى الفضاء الخارجي.

تلوث الغلاف الجوي

يُعَرّف ملوث الهواء بأنه أي مادة في الهواء يمكن أن تسبب الضرر للإنسان والبيئة. ومن الممكن أن تكون هذه الملوثات في شكل جزيئات صلبة أو قطرات سائلة أو غازات. هذا، بالإضافة إلى أنها قد تكون طبيعية أو ناتجة عن نشاط الإنسان بحيث تبلغ نسبته في الوطن العربي ٤٠ %.

ويمكن تصنيف الملوثات إلى ملوثات أولية وملوثات ثانوية. وعادة، ما تكون الملوثات الأولية هي المواد التي تصدر بشكل مباشر من إحدى العمليات، مثل الرماد المتناثر من ثوران أحد البراكين أو غاز أول أكسيد الكربون المنبعث من عوادم السيارات أو ثاني أكسيد الكربون المنبعث من مداخن المصانع.

أما الملوثات الثانوية فهي التي لا تنبعث في الهواء بشكل مباشر، وإنما تتكون هذه الملوثات في الهواء عندما تنشط الملوثات الأولية أو تتفاعل مع بعضها البعض.

ومن الأمثلة المهمة على الملوثات الثانوية اقتراب الأوزون من سطح الأرض - والذي يمثل أحد الملوثات الثانوية العديدة التي تُكَوِّن الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي. – ولكن يجب أن نضع في الاعتبار أيضًا أن بعض الملوثات قد تكون أولية وثانوية في الوقت نفسه، أي أنها تنبعث في الهواء بشكل مباشر وتكون ناتجة أيضًا عن بعض الملوثات الأولية الأخرى. – ووفقًا لبرنامج الهندسة والعلوم البيئية في كلية هارفارد للصحة العامة، فإنه ما يقرب من ٤% من حالات الوفيات في الولايات المتحدة يمكن أن تعزو إلى تلوث الهواء. – وتضم الملوثات الأولية الرئيسية الناتجة عن النشاط البشري ما يلي:

- **أكاسيد الكبريت (أكسيد الكبريت) (SOx) - وبخاصة ثاني أكسيد الكبريت وهو أحد المركبات الكيميائية المعروفة بالصيغة SO_2.**

ينبعث ثاني أكسيد الكبريت SO_2 من البراكين والعمليات الصناعية المختلفة، وحيث إن الفحم والبترول يحتويان على مركبات الكبريت، فإن احتراقها ينتج عنه أكاسيد الكبريت. كما أن التأكسد الزائد لمادة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 والذي عادة ما يحدث في وجود مادة محفزة مثل ثاني أكسيد النيتروجين NO_2، يعمل على تكوين حمض الكبريتيك H_2SO_4، ومن ثم تكوين الأمطار الحمضية.

ويعد ذلك أحد الأسباب الداعية للقلق بشأن تأثير استخدام هذه الأنواع من الوقود كمصادر للطاقة على البيئة.

- **أكاسيد النيتروجين (أكسيد النيتروجين) (NOx) - وخاصة ثاني أكسيد النيتروجين، حيث تنبعث هذه المواد من الاحتراق في درجة حرارة عالية. ويمكن رؤية هذا النوع من الغازات في شكل قباب من الضباب البني أو سحب ريشية الشكل تنتشر فوق المدن. ويعد ثاني أكسيد النيتروجين مركبًا كيميائيًا يُشار له بالصيغة NO_2. كما أنه يمثل أحد أنواع مركبات أكاسيد**

النيتروجين المتعددة. ويتميز هذا الغاز السام ذو اللون البني الضارب إلى الحمرة بأن له رائحة قوية ونفاذة. لذا، يعد ثاني أكسيد النيتروجين NO2 من أكثر ملوثات الهواء وضوحًا.

- **وغيرها من المواد كالمعادن السامة مثل : الرصاص .**

- **مركبات الكلوروفلوركربونات (CFC) - وهي من المركبات الضارة جدًا بطبقة الأوزون وتنبعث هذه المركبات من بعض المنتجات التي منع استخدامها في الوقت الحالي.**

وتلوث الهواء قد يسبب بعض الأمراض من أهمها :
١- التليف الكيسي .
٢- انتفاخ الرئة .
٣- بعض أنواع الربو .

وغيرها من كوارث في البيئة بسبب تلوث الهواء .

بعض الأجهزة المستخدمة في أخذ البيانات من الغلاف الجوي

أجهزة الأرصاد الجوية: هي الأجهزة والمعدات المستخدمة لقياس عناصر الغلاف الجوي في وقت معين.
وبعض هذه الأجهزة :

يقيس الترمومتر درجة حرارة الهواء، أو الطاقة الحركية للجزيئات خلال الهواء.
بينما يقيس مقياس الضغط الجوي البارومتر الضغط الجوي، أو الضغط الناشيء عن وزن الغلاف الجوي للأرض فوق موقع معين.

المرياح وهو مقياس شدة الرياح، يمكن بواسطته معرفة سرعة الرياح والاتجاه الذي تهب منه في الموقع حيث يتم قياسها.

وهناك مقياس الرطوبة هيجرومتر hygrometer يقيس الرطوبة النسبية في مكان ما، والتي يمكن استخدامها في حساب نقطة الندى.

المسبار اللاسلكي يقيس معظم العناصر السابقة ماعد الرياح، التي يتم تحديدها بتتبع إشارة المسبار اللاسلكي بواسطة الهوائي أو جهاز قياس الزوايا .

بالإضافة للمسبار اللاسلكي، توجد شبكة بيانات جوية من الطائرات تقوم بتنظيمها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، والتي تستخدم أيضا المعدات السابقة للحصول على تقارير الأحوال الجوية في مواقعها.

وهناك صواريخ السبر وأحيانا تسمى صواريخ الأبحاث، أداة حاملة للصواريخ مصممة لأخذ القياسات وإجراء التجارب العلمية أثناء التحليق .

الخاتمة

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات ، والحمد لله الذي أعاننا على إكمال هذا البحث الميسر والذي نسأل الله تعالى أن ينفع به ولو شيئا يسيرا .

والحمد لله رب العالمين .

قائمة المصادر

كتاب الجغرافيا الطبيعية أسس ومفاهيم حديثة الدكتور محمد صبري محسوب
مقال المدرس المساعد : ذر انتصار بكر عن طبقات الغلاف الجوي كلية العلوم – جامعة ديالي
وكالة حماية البيئة الأمريكية – ملوثات الهواء