المشرق

ميزان رطوبة الهواء او الهغرومتر

للاب الكبير مالون اليسوعي

لا تُعرف الآثار الجوّيّة حقّ المعرفة الّا بالوقوف على احوال الهواء الثلاثة وهي تمدُّده او انضغاطهُ ثمّ حرارتهُ او برودتهُ واخيرًا رطوبتهُ او يبوستهُ. وقد اطّلع قرّاء المشرق في ما سبق على الامر الاول في مقالة ضافية الذيل بيّن فيها حضرة الاب زمونن نواميس تمدُّد الهواء ومقياس ضغطهِ المعروف بالبارومتر (المشرق ١: ٨١٧ و ٨٩٢) وقد شرحنا في مقالتنا المُعنونة «بالثرمومتر او مقياس الحرارة» (٢: ٢٦٩ و ٣٥٨) ما يختصّ بالامر الثاني. فبقي علينا ايضاح حالة الجوّ الثالثة اي رطوبتهُ او يبوستهُ والموازين التي وضعها الطبيعيون لقياس هذه الرطوبة وهي تُعرف بالهغرومتر

١ بيان اسباب الرطوبة في الجوّ

لا بدَّ لنا قبل وصف مقاييس الرطوبة ان نقدّم هنا بعض ملاحظات من شأنها ان تعرّف اسباب هذه الرطوبة

الكلُّ يشعرون بانّ في الهواء تغييرات تطرأ عليهِ فتندّيهِ تارةً وتارةً تيبسهُ فيتأثّر جسمنا برطوبتهِ او جفافهِ. ولكن ترى ما سبب هذه النداوة وكيف انتشرت في الهواء؟ الجواب البديه عن ذلك انّ الهواء يندى بما يتصاعد اليهِ من البخار المائي ويظهر ذلك بالاختبار فانّك ترى الندران تيبس في الصيف والماء اذا عُرض في إناء لاشعّة الشمس لا يلبث ان ينقص الى ان يتوارى تماماً. والصواب انهُ لم يتلاشَ بل يبقى متفرّقاً في الهواء على هيئة البخار فاذا اصابهُ البرد تكاثف فصار غماماً وربّما سقط على الارض على هيئة الندى او المطر

ومن الاختبارات التي يجريها ارباب علم الطبيعة انهم يعمدون الى قارورة زجاجيَّة مملوءة هواء رطبًا ثمَّ يُدخلون فيها شيئًا من الموادّ الجفّفة الجاذبة للبخار مثل كارورور الكلس او كربونات البوتاس فترى بعد قليل هذه الموادّ تزيد حجمًا بامتصاصها البخار المنبثّ في تلك الكتلة من الهواء ويُضحي الهواء في غاية اليبوسة

ثمَّ يعكسون الاختبار بان يأخذوا ذلك الهواء الجفّف فيجعلونهُ فوق اناء من الماء فيتصاعد البخار من ساعتهِ في الهواء اليابس . فيرطّبهُ واذا أُشبع الهواء بخارًا زادت الندارة حتى يتكاثف البخار ويلصق بجوانب الاناء على هيئة نُقط تسيل من اطرافهِ . وعلى هذا النمط يصير التبخُّر من سطح الارض والمياه عند سخونتها فينبثّ البخار في الجوّ ويُشبع الهواء رطوبةً فاذا تجاوز حدَّ الاشباع تكاثف على هيئة غمام او ضباب واذا بلغ طبقة باردة من الجوّ انعقد فسقط على هيئة مطر او ثلج او برَد على مقدار برودة الطبقات الجويَّة وحركة الرياح

وما لا بدَّ من معرفتهِ ان الرطوبة الجويَّة لا تنتجم عن كثرة ما في الهواء من البخار فتزيد بزيادتهِ بل الصواب ان الرطوبة الجويَّة تنمو بقدر ما يكون هذا البخار بعيدًا عن حدّ تكاثفهِ

وعليهِ فانَّهُ يمكن الهواء ان يكون باردًا وكثير الندارة معًا وهو مع ذلك قليل البخار وبعكس ذلك اذا كان الهواء حارًّا ربَّما كان كثير الجفاف مع مقدار ازيد من البخار . مثال ذلك انَّك ترى الهواء في الصيف اكثر يبوسًا مع انَّ انتشار البخار عادةً في الصيف اكثر منهُ في الشتاء والسبب لانَّ البخار ابعد من نقطة التكاثف لارتفاع درجة الحرارة . ومثلهُ ايضًا انَّك اذا أسخنت الهواء في حجرةٍ ما جعلتهُ أيبس لكنَّك لا تُنقص كميَّة بخارهِ وانَّما تبعدهُ من درجة التكاثف ونقطة الاشباع

ولقائل ان يقول ومتى يبلغ الهواء ذلك الحدّ ؟ وما السبيل الى تعريف الفرق بين درجة التكاثف وكميَّة البخار في وقتٍ معلوم ؟

نقول انَّ لذلك طريقةً وهي بان تُقاس قوَّة انبساط البخار المائي . لانَّ البخار يزيد انبساطًا على قدر نموّ درجات الحرارة الى ان يبلغ معظم انبساطهِ وندارتهِ فاذا تجاوز هذا الحدّ تكاثف وانقلب الى حالة السيول . وبعكس ذلك ربَّما خفَّت قوَّة انبساطهِ الى حدٍّ لا يُتعدَّى فالحالة الهغرومترية إذن هي النسبة بين هذين الحدّين اي معظم

قوّة انبساط البخار ومعظم ضعف انبساطه. فاذا دعونا الحالة الهغرومترية (ه) ومعظم درجات انبساط البخار (ب) ومعظم انحطاطه في الانبساط (ب') وجدنا النسبة الآتية:

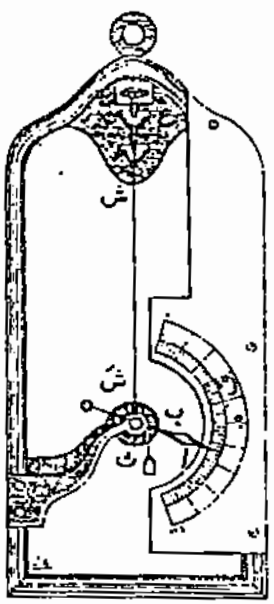
$$ه = \frac{ب'}{ب}$$

فمن هذه النسبة يعرف علماء الطبيعة معظم انبساط البخار في كلّ درجة من درجات الحرارة. وقد وضعوا لذلك جداول سنذكر منها ما نراهُ ملائماً لغرضنا

٢ مقاييس رطوبة الهواء

لقياس الندى والرطوبة آلاتٌ عديدة مرجعها الى صنفين منها ما بُني على مبدإ الامتصاص ومنها على مبدإ التكاثف

١ فمبنى (الصنف الاوّل) على انّ بعض الاجسام الآليّة كالاوتار والشعر تتأثّر من فعل الرطوبة والجفاف اعني انّها تطول بنداوة الهواء وتقصر بيبسه. ألا ترى مثلاً في الشام عند هبوب السموم (الشاوق) كيف تتغضّن الاجسام وتتقلّص اوراق الشجر ويلتوي القرطاس وجلد الكتب من الجهة الموازية لهبوب الريح وذلك لانّ عروق هذه الاجسام تجفّ وبجفافها تنسحب وتتقلّص وتنضغط ملتويةً. وقد يصيب الخشب من التقلّص ما يصيب النبات في وقت الجفاف فيتصدّع خشب الابواب والنوافذ وتسمع لها فرقعة لما يطرأ عليها من التغيّر في طولها



الشكل الاول هغرومتر الشعرة

والى هذا المبدإ قد استند العلماء لوضع آلات مختلفة تبيّن بتقلّصها او امتدادها حالة الجوّ من حيث جفافه او نداوته ومنها يُستدلّ بالحدس بل بالترجيح وشكّ وقوع المطر او اقتراب الصحو

فمن ذلك هغرومتر الراهب وهو عبارة عن دمية صغيرة تمثّل راهباً ذا اسكيم جاثيًا للصلاة فاذا كثرت نداوة الجوّ انتشر الاسكيم فغطّى رأسهُ واذا جفّ الهواء انكشف عن رأسه الاسكيم منزويًا. وسبب تقلّص الاسكيم وامتدادهِ ارتباطهُ بوتر محجوب عن العيان ينفتل وقت الجفاف ويُنقض فتلهُ عند الرطوبة

وعلى هذا المبدإ نفسهِ بُني مقياس الشعرة المعروف بمقياس سوسور (Saussure) وهو الذي اخترعهُ . وهذا المقياس عبارة عن اطار مربَّع مستطيل من النحاس يوصل برأسهِ الاعلى ملقطٌ معدني (ع) يضغط احد طرفي شعرةٍ (ش ش) ويلفّ طرفها الاسفل على بكرة خفيفة (ب) ودائرة حول قطبٍ افقيّ ولهذه البكرة تجويف ثانٍ يلفّ عليهِ خيط من الحرير في طرفهِ ثاقول صغير (ث) ويُجعل على طرف هذه البكرة ابرة (ا) يتحرَّك رأسها على قوس (ق) مجزَّأة اجزاء متساوية الى مئة جزء . فاذا زادت الرطوبة طالت الشعرة فأهبطت رأس الابرة على القوس واذا نقصت قصرت الشعرة فارتفع رأس الابرة على درجات القوس

هذا ولا بدَّ ان تكون الشعرة المذكورة طويلة رفيعة نظيفة تؤخذ من رأس رجل حيّ وتُجعل في ماء مُغلى يضاف اليهِ شيء من كربونات الصودا او الايثير الكبريتي مدَّة ٢٤ ساعة ليزول دسمها تماماً ولولا ذلك لما فعلت فيها الرطوبة فعلها التامّ

اما الطريقة لتقسيم القوس الى مئة درجة فتتمُّ بتعيين نقطتين ثابتتين فيها وهما نقطة معظم الجفاف ونقطة معظم النداوة . وذلك بان توضع الآلة اولاً تحت قبَّة زجاج فيجفَّف فيها الهواء بادخال بعض الموادّ التي تتشرَّب البخار كالحامض الكبريتي وكلورور الكلسيوم وكربونات البوتاس . فاذا يبس الهواء تماماً تقلَّصت الشعرة وبقيت دالَّة على نقطة ثابتة فيُرقم عندها صفرٌ اشارة الى معظم الجفاف . ثمَّ تُنقل الآلة الى قبَّة أُخرى مُشبعة بالبخار بان يوضع اناء مملوء ماء تحت القبَّة المذكورة وتبلّ جوانبها فترى الشعرة تطول والابرة ترتفع الى ان تثبت عند نقطة هي معظم النداوة فيُرقم عندها العدد مئة . ثم تقسم المسافة التي بين النقطتين الى مئة قسم متساوٍ

ولكن لا بُدَّ هنا من تنبيهِ القرَّاء الى ان هغرومتر الشعر لا يخلو من بعض الخلل فترى بين الآلات اختلافاً محسوساً والسبب لانَّ الشعر المتَّخذ لذلك يختلف غلظاً وتركيباً . ثمَّ اذا تمادى عليهِ العهد بالامتداد تضعف قوَّة تقلُّصهِ وقت الجفاف . ولذلك يُقتضى اعادة تقسيمهِ من حين الى آخر

ثمَّ اعلم ان دلالة الابرة لا تُعرف منها توًّا درجةُ رطوبة الهواء فاذا وقفت مثلاً الابرة عند نصف قوس المقياس فليس معنى ذلك انَّ الهواء بلغ ٥٠ درجة من الرطوبة بل يلزم حسابات وأرصاد اخرى لمعرفة النسبة بين درجات الابرة ونداوة الجوّ والصواب

ان هذه الخمسين درجة في المقياس تدلُّ على نحو ٢٨ درجة من الرطوبة وقد نظَّم العلامة الشهير كاي لوساك (Gay-Lussac) جداول بيَّن فيها هذه النسبة. وقد لخَّصنا منها شيئاً لتعريف هذه الموازنة بين درجات الهغرومتر ودرجات الرطوبة الحقيقيَّة

درجات الهغرومتر	درجات الرطوبة	درجات الهغرومتر	درجات الرطوبة
١٠	٠,٠٤٦	٦٠	٠,٣٦٣
٢٠	٠,٠٩٤	٧٠	٠,٤٧٢
٣٠	٠,١٤٨	٨٠	٠,٦١٢
٤٠	٠,٢٠٨	٩٠	٠,٧٩١
٥٠	٠,٢٧٨	١٠٠	١,٠٠٠

فاذا روعيت هذه الشروط لا بأس من اتخاذ مقياس سوسور لمعرفة رطوبة الهواء. ومن خواصِّهِ أنَّهُ قريب المنال سهل التركيب

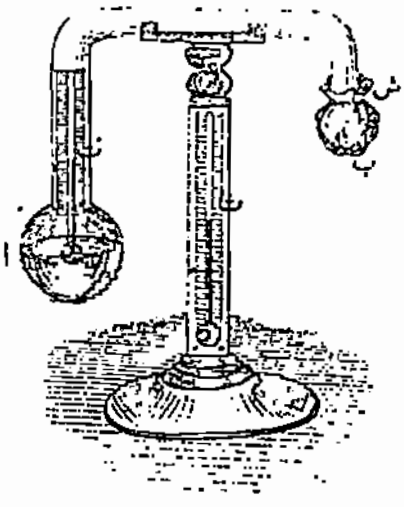
٢ امَّا (هغرومتر التكاثف) فقد شاع اليوم شيوعاً عظيماً ويفضَّل على هغرومتر الشعر. وهو مؤسَّس على مبدإٍ آخر

وذلك أنَّك اذا ملأتَ اناء من الماء البارد رأيت حُباباً من الندى يلصق بجوانب الاناء الخارجة حتى يكاد يسيل منها. وليس لذلك سببٌ آخر سوى انَّ الاناء يبرد ببرودة المائع ويُلامس الهواء المحيط بهِ فيتكاثف البخار المنبثّ في هذا الهواء الملاصق ويتجمَّع على جوانب الاناء الظاهرة. ولنا في ذلك مثال آخر مشهور في فصل الشتاء. فاذا برد الجوّ وأقفلتَ نوافذ الدار الزجاجيَّة وأصليت فيها ناراً لا تلبث ان ترى صفائح الزجاج في داخل الحجرة يشوبها شبه غمام فتندى الى ان يجري نداها على الصفائح. والسبب هو تكاثف بُخار هواء الحجرة المُلقفة لدى مسيسِهِ الزجاج البارد. فانَّ هذا الهواء الملامسَ لا تزال درجة حرارتهِ في هبوط متوالٍ وبرودتهِ تهبط ايضاً درجة تكاثف البخار الى ان يبلغ البخار معظم انبساطه فيشبع الهواء واذا زادت برودتهُ عن ذلك تكاثف وصار مائعاً. وهذا الحدّ الذي يأخذ عندهُ البخار بالتكاثف يُدعى عند الطبيعيين درجة الندى. ولانَّ هذه الدرجة تختلف باختلاف درجات الحرارة فقد وضع العلماء جدولاً يُعرف بهِ معظم قوَّة انبساط البخار في كلّ درجة من درجات الحرارة نذكر منهُ ما يُحتاج الى معرفتهِ في هذه البلاد :

درجات الحرارة	مقدار قوة انبساط البخار بالملمتر	درجات الحرارة	مقدار قوة انبساط البخار بالملمتر
٠	٤,٦٠٠	١٦	١٣,٦٣٥
١	٤,٩٤٠	١٧	١٤,٤٢١
٢	٥,٣٠٢	١٨	١٥,٣٥٧
٣	٥,٦٨٧	١٩	١٦,٣٤٦
٤	٦,٠٩٧	٢٠	١٧,٣٦١
٥	٦,٥٣٦	٢١	١٨,٤٩٥
٦	٦,٩٩٨	٢٢	١٩,٦٥٩
٧	٧,٤٩٢	٢٣	٢٠,٨٨٨
٨	٨,٠١٢	٢٤	٢٢,١٨٤
٩	٨,٥٧٤	٢٥	٢٣,٥٥٠
١٠	٩,١٦٥	٢٦	٢٤,٩٨٨
١١	٩,٧٩٢	٢٧	٢٦,٥٠٥
١٢	١٠,٤٦٧	٢٨	٢٨,١٠١
١٣	١١,٠٦٢	٢٩	٢٩,٧٨٢
١٤	١١,٩٠٦	٣٠	٣١,٥٤٩
١٥	١٢,٦٩٩		

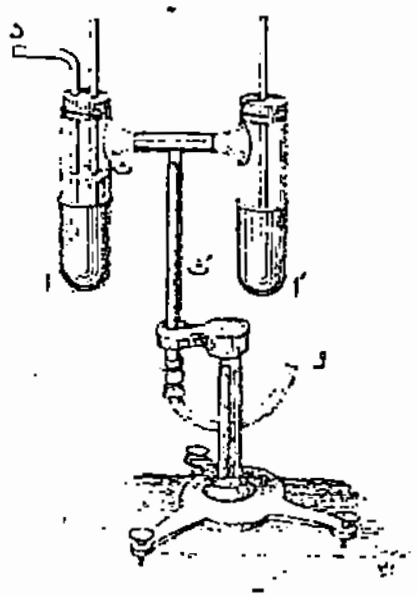
فمن اراد معرفة مقدار قوّة انبساط البخار لدرجة معلومة من الحرارة فلينظر العدد الموازي في الجدول السابق فهو المقدار المطلوب وهذا العدد عبارة عن ملمترات من مقياس الزئبق. فانّ العدد ٣١,٥٤٩ مثلاً يدلّ على ان قوّة انبساط البخار يناسب ضغط عمود من الزئبق طوله ٣١ ملمترًا و٥٤٩ قسماً من الملمتر عند بلوغ ميزان الحرارة ٣٠ درجة

اما الآلات الهغرومترية المبنيّة على مبدإ التكاثف فثلاث: هغرومتر دانيال (Daniell) ورينيو (Regnault) وألوارد (Alluard) والاحرى ان يقال ان الهغرومترين الاخيرين انّما زادا على هغرومتر دانيال تحسيناً فقط كما سترى:



الشكل الثاني هغرومتر دانيال

وهغرومتر دانيال (راجع الشكل الثاني) يتركّب من كرتين (ا ب) مفرغتين من الزجاج الرقيق تجمع بينهما انبوبة ملتوية عند طرفيها التواء الزوايا القائمة . والكلّ مسدود سدًّا هرمسيًّا بعد افراغ الهواء من الآلة بواسطة الايثير المُغلى . وهي تُجعل فوق عمود معدنيّ يُناط به ثرمومتر (ث) . والكرة الاولى (ا) زرقاء اللون تتضمّن شيئًا من الايثير المانع يغوص فيه ثرمومتر آخر (ثَ) . امّا الكرة الثانية (ب) فتبقى فارغةً ويُلفّ حولها شاشٌ خفيف (ش) . واذا اراد المختبر ان يعرف درجة رطوبة الجوّ صبّ على الشاش نقطًا من الايثير فيستحيل هذا المانع الى بخار وتبرد الكرة (ب) لامتصاص الايثير المتبخّر حرارتها . والكرة المبرّدة تبرّد بخار الايثير المحتوي فيها فيتكاثف وبتكاثفه يخفّ ضغط البخار عن سطح الايثير المانع في (ب) فيتحوّل منهُ قسم الى بخار فتهبط حرارتهُ كما يدلُّ على ذلك هبوط الزئبق في الثرمومتر (ثَ) . فبعد برهة يتكاثف فيصير على شبه الندى ملاصقًا للكرة الزرقاء الى علوّ سطح الايثير الباقي فيها . وعند بداءة تكاثف البخار عليك ان تلاحظ درجة حرارة الثرمومتر (ثَ) فانّها درجة الندى . ثم اطلب في الجدول السابق العدد الموازي لهذه الدرجة فتجد معظم انبساط البخار المتبثّ في الهواء وقت العمل . امّا حرارة الجوّ فتُعرف بالمقياس الموضوع على العمود في الخارج



الشكل الثالث هغرومتر رينيو

الّا انّ في هذه الآلة نقصًا لما يوجد من الاختلاف في درجة الحرارة خارج الكُرة وداخلها لانّ الزجاج سيّئ في نقله للحرارة الخارجة . وربّما زاد المُختبر بتنفُّسه في بخار الهواء الملاصق للكرة فتزيد رطوبة الجوّ في موضع الاختبار

فتلافيًا لهذا الخلل قد وضع الاستاذ رينيو هغرومترًا آخر يتركّب من ظُرفين صغيرين من الفضة (ا ا) رقيقين صقيلين يُدخَل فيهما انبوبان من الزجاج وفي سداد

الانبوبين ينفذ ثرمومتران (ث ثَ) . ويُصبّ في الظرف الواحد (ا) ايثير مانع ويُجعل فيهِ انبوب (د) يغوص طرفهُ الاسفل في الايثير وطرفهُ الاعلى مفتوح ثمَّ يتَّصل بالايثير قسطلٌ ينتهي الى وعاء مملوء ماء (و) فاذا نُزع من الوعاء قسم من الماء يتخلخل الهواء في الظرف (ا) فيأتيهِ من الانبوب (د) هواء جديد فللحال يتبخَّر الايثير ويبرد فيبرد معهُ الظرف المعدني الملاصق لهُ في الخارج ويبرد ايضًا الهواء المحيط بهذا الظرف فيتكاثف ويصير ندًى . فتلك هي درجة الرطوبة يدلُّ عليها الثرمومتر (ث) بينما يشير الثرمومتر الثاني (ثَ) الى درجة الحرارة الخارجة

وقد زاد المعلِّم أَلوارد تحسينًا على هذه الآلة بان جمع بين الظرفين فجعل الايثير في اناء من النحاس وركَّب هذا الاناء في قائمتين من المعدن ليتمكَّن المختبر من المقابلة بين المعدن الذي يتجمَّع عليهِ الندى والمعدن الثاني الذي يبقى على حالتهِ من الصقالة والجفاف فتُعرف للحال درجة الندى ثمَّ يطلب في الجدول السابق العدد المشير الى معظم قوَّة انبساط البخار المناسب لتلك الدرجة . والرَّصد بهذين الهغرومترين يكون بالنظَّارة

وفي القائمة التي توضع في آخر صفحة من كلّ اعداد المشرق دلالة على رطوبة الهواء أُشير اليها بنقط متوالية (....) امَّا الاعداد المناسبة لدرجة الرطوبة فلا تختلف عن اعداد درجات ثقل الهواء الَّا بحذف عدد المئات . فان كانت مثلًا درجات ثقل الهواء ٧٦٠ ملمترًا تكون درجات الرطوبة ٦٠ ملِّمترًا وقس على ذلك

البخَر

للدكتور فيليب افندي بركات طبيب المستشفى الافرنسي في بيت لحم

البَخَر رائحة النفَس الكريهة المنتنة وقد سألني علاجًا لهذا الداء كثيرون من الاصحاب أَصبتُ في مداواتهم النجاح ولمَّا كان المرض المذكور شائنًا يستحي منهُ صاحبهُ ويزعج القريب منهُ كل الازعاج رأَيت ان اضع في اسبابهِ وعلاجهِ مقالة علَّ القرَّاء يستفيدون منها فيذكروني بالخير

اسباب البخَر

اهمّ اسباب البخَر امراض الجهاز الهضميّ والجهاز التنفُّسي . امَّا البول السكَّري