تحويل الهواء الى مائع سيّال

للاب غدفريد زُمُرفن مدرّس الطبيعيات في كلّيّة القديس يوسف

قد اعتاد ارباب الطبيعة ان يقسموا الاجسام الى ثلاثة اقسام صُلبة ومائعة او سيّالة وغازيّة او بخاريّة فالصُّلبة اكثر الاجسام عددًا على وجه الارض. والاجسام السيّالة دون الصلبة عددًا. اما الغازات فهي محصورة العدد قليلة بالنسبة الى الصنفين السابق ذكرهما

ولا يخفى انّ الاجسام او العناصر يمكنها ان تتكيّف بالكيفيّات الثلاث تباعًا فتتحوّل من حالة السيول الى الجمود او الى البخار ويُعكس. مثال ذلك الماء. فانهُ عند اعتدال الهواء سيّالٌ فاذا هبطت حرارتهُ دون الصِّفر جمد فتحوّل الى جليد. واذا أُغلي تبخّر. وليست الغيوم سوى ابخرة الماء تصاعدت الى الجوّ. فينتج من ذلك ان الاجسام ليست في حالة ثابتة وانّ العوامل الطبيعية تستطيع ان تحوّلها من حالة الى أُخرى

وممّا تقرّر بالاختبار انّ هذه التحوُّلات لا تتمّ الّا بقوّة الحرارة او بالبرودة. وعليه اذا حاولتَ نقل جسم من الاجسام من حالة الجمودة الى حالة السّيلان فلا بُدّ من ان تُمِدّهُ بكمّيّة معلومة من الحرارة. واذا اردتَ نقلهُ من السّيلان الى التبخُّر يقتضي لهُ حرارة ازيد وأوفر. وبخلاف ذلك لا بُدّ من نزع قسم من الحرارة عن جسم متبخّر لتجعلهُ مائعًا سيّالًا. والسيّال لا يُضحي جامدًا الّا بعد سلبهِ قسمًا آخر من حرارتهِ

تحويل الغازات والهواء الى سوائل

وفي هذه السنين الاخيرة اكثر الطبيعيّون من البحث في تحويل الاجسام من حالة الى اخرى. وكانوا يُعنون خاصّةً بتسييل الغازات اعني بتحويل بعض الاجسام التي نراها عادةً متبخّرة الى حالة السّيلان

في سنة ١٨٢١ تمكّن المسيو بوسّي (Bussy) من تسييل غاز النوشادر فجعلهُ لذلك في انبوبةٍ اهبط درجة برودتها الى ٤٠ درجة تحت الصفر

وعالج فراداي (Faraday) بعدهُ بسنتين غازاتٍ أُخرى كالحامض الكلوريدريك والأكسيد الازوتي (oxyde azoteux) فجعلها سيّالين بقوّة الضغط والبرودة معًا

وبقيت بعض غازات الى سنة ١٨٧٧ لم يستطع احدٌ من الكيميويين ان يسيلها رغمًا عن الوسائل المتخذة لهذه الغاية فعدُّوا هذه الاجسام بين الغازات الثابتة يريدون بذلك انهُ لا يمكن تحويلها من حالة التبخُّر الى حالة السَّيلان وكان من جملتها الأُكسيد الازوتيك والاسيتيلين والهيدروجين والأُكسيجين والازوت والهواء.

بيد انهُ في الخامس من شهر تشرين الثاني سنة ١٨٧٧ بلغ الكيميويّ الشهير كاليتاي (Cailletet) الى ان يجعل غاز الاسيتيلين سيَّالًا. وفي السادس والعشرين منهُ سيَّل غازَ الأُكسيد الازوتيك

وما مرَّ شهر على هذين الاكتشافين حتى اتَّصل في يوم واحد ودون تواطُؤ الكيميويان كاليتاي السابق ذكرهُ في باريس والسيو بكته (Pictet) في جنيفة الى ان يحوِّلا غاز الاكسيجين الى مائع سيَّال. وكان ذلك في ٢٤ كانون الثاني وهو لعمري تاريخ حريٌّ بالذكر لانهُ فتح لعلم الكيميا طريقًا مهيعًا يُفضي بمن يسلكهُ الى اجلّ المنافع واشرف الفوائد. ولم يلبث السيو كاليتاي ان اكتشف بعد اسبوع الطريقة لتسييل الازوت والهيدروجين والهواء. فكان لهذا الاكتشاف المثلث احسن وقع في الدوائر العلمية وبهِ خُتمت السنة ١٨٧٧ التي تُعدُّ من ايمن السنين واسعدها في تاريخ الكيميويين. ومذ ذاك الحين اضحى قول قدماء الكيميويين في الغازات الثابتة نسيًا منسيًّا او بالحري اصبح اسمًا بلا جسم.

هذا وانَّ الاسلوب الذي بهِ تمكَّن السيو كاليتاي من تسييل الهواء لم يتم بالمرام وكان قصارى ما يتالهُ نُقَيْطات وحَبَبًا صغارًا ليس ألَّا. فتوسَّل الكيميويُّون بكل الوسائل لتحسين الآلات التي اخترعها كاليتاي او تجهيز غيرها لتوفير الهواء السيَّال. وكان العلماء يرتأُون ان أولى طريقة لزيادة البرودة اللازمة لتسييل الهواء انَّما هي تبخير الايتيلين (éthylène) في انبوب أُفرغ منهُ الهواء. فأدَّت هذه الطريقة في السنة ١٨٨٣ العالمين ڤروبلفسكي (Wroblewski) وأُلزوفسكي (Olszrewski) الى تكثير كميَّة الغازات السيَّالة كالاكسيجين والازوت واكسيد الكربون بعد ان بلغوا الى الدرجة ١٣٩ تحت الصفر. وفي السنة التالية حسَّن السيو جمس دِوار (James Dewar) هذه الجهازات ونال كميَّة من الغازات السيالة لم يسبقهُ اليها من سلفهُ

غير ان الاختبارات السابقة بقيت طول هذه المدَّة في معاهد العلوم لم تخرج عن حالة

المدرّسين لصعوبة تركيب ادوات اقتصادية تمكّن ارباب التجارة من تجهيز كمّية وافرة من الهواء السيال

وكان العلماء مع ذلك لم ييأسوا من ايجاد وسيلة تبلّغهم الاماني. ومن جملة ما اخترعوهُ ان يُجيزوا الهواء في ثلاثة آنية تحتوي اجسامًا مبرّدة لسرعة تبخّرها تبلّغهُ بالتدريج الى حالة السّيلان. فكانوا يُجيزونهُ اوّلًا في وعاء يحتوي الحامض الكربونيك ثم ينقلونهُ الى وعاء آخر يتضمّن الايتيايين ثم يُنفذونهُ في إناء ثالث يشتمل على الاكسجين فيخرج من ثمّ مائعًا سيّالًا. بيد انّ هذا الاختراع لم يحظَ بالمرام لارتباك صُنعهِ وكثرة ادواتهِ

وهاك اليوم قد حُلّ اخيرًا هذا المشكل العويص. وانّما الفضل في ذلك يعود الى الاستاذ لِنده (Linde) معلّم الطبيعيّات في كلّية مونيخ فانّهُ اتصل الى وَضع ادوات غاية في البساطة ينال بها كمّية وافرة من الهواء السيّال يمكن استخدامها في حاجات الصناعة. وهو لا يتّخذ لذلك عاملًا سوى الهواء نفسهِ

امّا الآلة التي اكتشفها لذلك الاستاذ المذكور فقد اصطنعها وفقًا لمبدإ شائع في العلوم الطبيعية وهو « انّ التجارات والغازات المنضغطة اذا انفجرت وخرجت من بعض النوافذ تنحطُّ درجة حرارتها انحطاطًا يزداد بالنسبة الى نقص كمالها »(١. والهواء معدود بين الغازات غير الكاملة فلذلك يُقتضى لتسييلهِ إهباط درجة حرارتهِ اكثر من سواهُ. وعليهِ فانّهُ لا يصير سيّالًا الّا اذا برد مئتي درجةٍ تحت الصفر. فحسب الطبيعيّون ما يلزم الهواء من الضغط لتهبط حرارتهُ الى هذه الدرجة فوجدوا انّهُ لا يبرد الّا بربع درجة في مقابلة ضغط عمودٍ جوّيّ فاستنتجوا انهُ يُقتضى لتبريدهِ الى الدرجة المئتين تحت الصفر ضغطٌ يقابل ثمانمئة عمود جوّي. وهو لعمري ضغطٌ بالغ لا يُتوصّل اليهِ الّا بعد العناء العظيم

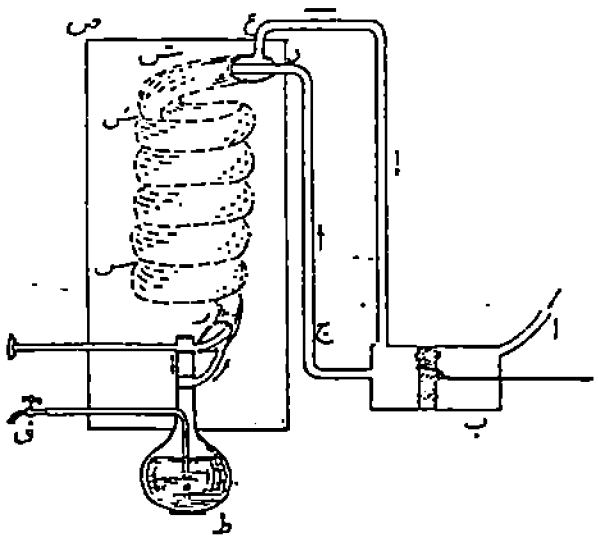
فتخلّص المسيو لِنده من هذه المشاكل باصطناع آلةٍ يوفّر فيها مفاعيل الانفجار المتواصل ثمّ يصدّ الهواء عن الامتداد الى درجة الضغط الجوّي. اعني انّهُ يضغط الهواء ضغطًا شديدًا ثمّ يخفّف قسمًا فقط من هذا الضغط فتهبط حرارة الهواء في القسم المتمدّد خمسين درجةً. وهذه البرودة تجتاز من الهواء المتمدّد الى القسم المنضغط ثم انّهُ يضغطهُ ثانيةً ويُضجر قسمًا منهُ فيبرد خمسين درجةً اخرى فيصير مجموع درجات البرودة مئةً وعلى

١) يدعى الغاز كاملًا عند الطبيعيين اذا اجتاز بغتة من حالتهِ الطبيعيّة الى حالة السّيلان. ويدعى غير كامل اذا بَغَتَ بأبخرةٍ قبل ان يصير سيّالًا

هذا المنوال لا يزال يضغط الهواء ويمدّد قسمًا منهُ الى ان يبلغ الى الدرجة المطلوبة لتسييله

وجهاز المسيو لِنده عجيب في بساطته فانَّ آلتهُ تتوقف على طلمبة تضغط الهواء وأنبوب انبيقي يتخلخل فيهِ بعد ضغطهِ ويتمدّد تباعًا بواسطة حنفيَّة

وقد رسمنا الشكل التابع ليسهل على المطالعين فهم المبدإ الذي اليهِ استند العلاَّمة المذكور في اصطناع آلتهِ. لكنَّنا جرَّدنا هذا الرسم من كل الادوات الثانويَّة التي تدخل في تركيب الآلة. فالهواء يدخل الانبوبة (ا) فيمرُّ من ثمَّ الى الطلمبة (ب) حيث يُضغط. فاذا ضغطهُ المدكّ ضغطًا يوازي مئتي عمود جوّي نفذ الى انبوبة الانبيق الباطنة (ج) خارجًا من المنفذ (د). (وقولنا «انبوبة الانبيق الباطنة» لانَّ هناك انبوبتين تنفذ الواحدة في الاخرى). وينتهي الهواء بعد مروره في هذه الانبوبة الى فوهةٍ (ر) تتولَّى فتحها واغلاقها حنفيَّةٌ. فيخرج قسم من الهواء من هذه الحنفيَّة وبخروجهِ يتمدّد بحيث لا يتجاوز ضغطهُ عشرين عمودًا جويًّا وبامتدادهِ يبرد خمسين درجة. بينما يبقى القسم الآخر في الانبوب الداخلي مضغوطًا. امَّا ما تفرَّغ من الهواء المبرَّد فانهُ يمرُّ في الانبوب الثاني



صورة آلة المعلّم لِنده لتسييل الهواء

الخارجي صاعدًا منعكسًا (س ب س) . ويصعوده يمسّ الانبوب الداخلي حيث بقي قسم من الهواء المضغوط فيتخلّى لهُ عن برودته ويعود راجعًا الى الطلمبة مجتازًا بالمنفذ (ع) . والانبوبان المذكوران آنفًا قد لُوِيا اقتصادًا للمكان وأُفرزا من مساسّة الهواء الخارجي بصندوق خشب مبطّن بالصوف الخشن (ص) . وعلى هذه الطريقة لا يزال الهواء تهبط حرارتهُ شيئًا فشيئًا الى ان يبلغ الدرجة المقتضاة لتسييله فيجري في وعاء مُعدّ لقبوله (ط) ويستخرج من هذا الوعاء بمجرّد فتح الحنفية (ف) لانّ الضغط في الوعاء اقوى من ضغط الهواء الخارجي

فعلى هذه الطريقة توصّل السير لنده الى تسييل ثلاثة ليترات من الهواء في الساعة باستخدام قوّة ميكانيكية توازي ثلاثة احصنة (١) . وقد يسعى العلاّمة المذكور ان يصطنع استنادًا الى المبدإ نفسهِ آلةً كبيرة التجارة تبلغ قوّتها ١٢٠ حصانًا يُمكنهُ ان يستخلص بها خمسين ليترًا من الهواء السيّال

وقد أنبأتنا اخبار اميركة ان المسيو تريبلر (Tripler) الاميركيّ ابتدع آلةً تماثل آلة السير لنده ويزعم صاحبها انهُ يسيل ١٥٠ ليترًا من الهواء في الساعة باستخدام قوّة ٥٠ حصان فقط . لكنّنا لا نعلم ما في هذه الانباء من الصحّة

وعلى كل حال انهُ لم يبق ادنى ريب في وجود آلات اقتصاديّة يُنال بها الهواء السائل بثمن بخس . فصار الليتر منها يباع بأقلّ من فرنكين . وهو يصطنع من تسييل ٧١٨ ليترًا من الهواء الجوّي

خواصّ الهواء السيّال

ما كاد العلماء يكتشفون الهواء السيّال حتى اخذ الكيميون والطبيعيون في اوربّة واميركة يُجرون فيهِ الامتحانات العديدة لمعرفة خواصّهِ الفريدة فانها حقيقةٌ جديرة بالاعتبار

واوّل هذه الخواصّ ان لون الهواء السيّال اذا كان صافيًا ونظيفًا ممّا يحتويهِ من الحامض الكربونيك والرطوبة يكون ضاربًا الى الزرقة وتصفيتهُ بان يُجعل قبل ضغطهِ في اسطوانة منظّفة يُجرَّد فيها عن الاجسام الغريبة التي فيهِ . امّا اذا ضُغط قبل تصفيتهِ فيكون لونهُ

---

(١) المراد بالحصان هنا الحصان البخاري الذي يمكنهُ رفع ثقل ٧٥ كيلوغرامًا الى علو متر في الثانية

كثيرًا ويصفّى اذ ذاك بصفاة من الورق العادي غير المنرّى فيتخلّص بذلك مما يشوبهُ من ذرّات ناعمة من الجليد والحامض الكربونيك

ومن خواصّ الهواء السائل انّهُ اذا أُغلي يفور عند بلوغهِ الدرجة ١٩١ تحت الصفر. واذا تُجِّر في اناء مفرّغ من الهواء انحطّت درجة حرارتهِ الى ان يتجمّد فيصير مثل كُتلة جامدة

ومن المعلوم انّ الاجسام اذا بلغت برودتها الى درجة معلومة تحرق كالنار لا بل ان حريقها اوخم عاقبة من النار. فلو وقع منها بعض نقط على يد شخص ما لأحلقت بها اذًى عظيمًا. ويُخبر عن الكبري الشهير رأول بسخته انهُ أُصيب بحرق من مسيس جسم عظيم البرودة فتأذّى من جرّائهِ ستّة اشهر ولو كان اصابهُ حرق من النار لتمكّن من شفائهِ بعد أيام قلائل. الّا انّ الهواء المُسيَّل مع فرط برودتهِ لا يؤذي فيمكن غمس اليد فيهِ بلا ضرر. وسبب ذلك انّهُ يتوسّط بين اليد والهواء السيال انجرة تمنع المماسّة التامّة كما يجري في الماء اذا صُبَّ على حديد او نحاس محمى فتبقى نقطهُ مدّة لا تتبخّر(١

ومن خواصّ الهواء السيال انّ فيهِ قوّة مغناطيسيّة بالغة. فاذا اخذت مثلًا انبوبًا مملوءًا من هذا المائع وقرّبتهُ من مغناطيس مُكهرب انجذب المغناطيس والتصق بالانبوبة. وليس في ذلك ما يستوجب العجب لانّ الاكسجين في الهواء السيّال اكثر منهُ في الهواء الجوّي ولا يخفى انّ للاكسجين قوّة كهربائية عظيمة

ومن خواصّ الهواء السيّال ايضًا انّهُ اذا أُغلي تصاعدت منهُ انجرة متكاثفة تراها كقطع الغمام تتدفّق من فوق الوعاء المُحمى وتنبسط على الارض

واذا اخذت كُرَةً من الكاوتشوك المرن فالقيتها فوق الهواء السيّال تراها عائمة لا ترسب في المائع ولكن اذا أُخرجت منهُ تكسّرت كالزجاج. وكذلك اذا غمست بيضةً في هذا الهواء وابقيتها دقيقةً واحدة تتصلّب كأنّها الرصاص جأةً لكنّها تتفتّت بادنى ضغط. وكذا الحديد اذا غُمس في مغطس من هذا المائع يُخرج وهو قابل التفتّت والتكسّر بأول صدمة. امّا النحاس والبلاتين فانهما يبقيان مرّتين عند ترعهما من مغطس الهواء السيال

وللهواء السيال قوّة عجيبة في الامتداد اذا ما انفجر او عاد الى حالتهِ الطبيعية. مثال ذلك انك اذا ادخلت كمّية منهُ في مدفع من الفولاذ وسُدَّت فوهتهُ بصمام معدنيّ

(١) راجع مجلّة الطبيعة (La Nature, 12 Juillet, 1898)

لا يلبث المدفع ان يتحطّم. وذلك لانّ الهواء الجوّي يشغل مكانًا اوسع من الهواء السيّال بنحو ٧٤٨ مرّة. ومن الاختبارات التي اجراها الكيمويّون انهم غمسوا اسفنجةً في الهواء السيال ثم ادنوها من جمرة نار فتفجّرت الاسفنجة ورمت بقطع ملتهبة الى كل الجهات

والزئبق يجمد بالدرجة الـ ٤٠ تحت الصفر اما اذا أُلقي في الهواء السيال فيتجمّد لحال ويستحيل الى صُبارة جامدة يمكن اتخاذها كطرقة لدقّ المسامير في الجدران — وكذا الكحول (l'alcool) فانّهُ يتجمّد ايضًا في الهواء السيال ويصير كالجليد

أمّا غاز الحامض الكربونيك الذي ينشأ من احتراق الفحم فانهُ يصير سيالًا اذا هبطت درجة حرارتهِ الى ٣٢ تحت الصفر. فاذا أُلقي منهُ شيء في الهواء السيال تراهُ يتجمّد لساعتهِ ويتكوّم كالثلج. واذا وُضع شيء منهُ وهو على هذه الحالة فوق منضدة يتجمّر دون ان يجتاز بحالة السيلان. وان اخذت لفافة من التبغ موقدةً وأدنيتها من اناء يتضمّن هواء سيالًا تحوّل دخان التبغ الى ثلج ويتجمّد الحامض الكربونيك الذي ينتج من احتراق ورق السيكارة والتبغ معًا

ومن الامتحانات الغريبة ايضًا ما يُوهم الناظرين انّ المختبر يصنع ثلجًا فوق النار. وذلك ان يؤخذ فحم متجمّر فيُغمس في وعاء مملوء من الهواء السيال فلا يزال الفحم يتّقد في الاكسجين ولكن ما ينشأ من الحامض الكربونيك باحتراق الفحم يتعقّد ويسيل ثم يتجمّد ويغطّي الفحمةَ المتّقدة بغلالة بيضاء من الصقيع

هذه بعض اختبارات اجراها العلماء ولا ريب انّ المستقبل سيوقفنا على ما هو فوق ذلك من الاسرار الطبيعية التي لا تزال بعد مكنونة. فشكرًا للخالق الذي ضمّن في اجسام البرايا خواصّ عجيبة يجدينا اكتشافها منافع جمّة من شأنها ان توفّر لنا الوسائل لرغد حياتنا وهناء عيشنا

حفظ الغب

لجناب الشاب الاديب سليم افندي اصفر

ان كان الناس يتسابقون الى اقتناء براكير الاثمار وينفقون في سبيل الحصول عليها مبالغ وافرة لندرة وجودها فيصحّ ايضًا القول انّ للاثمار المستبقاة بعد اوانها قيمةً كبرى