[٧] الباب السابع :

الهـــواء Air

يحتوى هذا الباب على عدة موضوعات شتى تتعلق بالهواء والغازات عموماً وهو يشتمل على موضوعات عن التنفس والإحتراق وتكوين اللهب والصدأ وتركيب الهواء واستخدامات الهواء بالإضافة إلى تلوث الهواء ، والغازات عموماً .

[٧ ـ ١] التنفـس respiration :

يعتبر الأكسجين هاماً جداً لحياتنا ولا يتحمل أقوى البشر إنقطاعه لفترة تزيد عن ٣ ــ ٤ دقائق .

لذلك فإنه أثناء عمليات التخدير فلابد من ضمان توريد أوكسجين للمُخّدر ويجب توفير الأكسجين لأولئك الذين يعملون فى المناجم وتحت سطح الماء وفى طبقات الجو العليا .

وقد اكتشفت أهمية الأكسجين فى القرن الثامن عشر وبالتحديد فى عام ١٧٧٤ حيث اكتشف الإنجليزى جوزيف بريسلى **Joseph Priestly** (١٧٣٣ ــ ١٨٠٤) مركب زئبقى أحمر .

وعندما قام بتسخينه نتج عن ذلك غاز زاد من إشتعال الشمعة وقد أدرك العالم الفرنسى أنتونى لافوازييه **Antoine Lavoisier** (١٧٤٣ ــ ١٧٩٤) ، أن هذا الغاز والذى أطلق عليه اسم الأكسجين **Oxygen** ، هو الجزء المهم والفعال فى الهواء .

وقد قام لافوازييه بصياغة النظرية الحديثة للاشتعال ومن وقتها عُرفت أهمية الأوكسجين فى الحياة .

ويقوم الإنسان (وكذلك الحيوان والنبات) بعملية التنفس لاحتياجه إلى الأوكسجين ، وتزداد هذه الحاجة عند بذل مجهود عضلى أو حركى حيث يمر الأوكسجين عبر جدران خلايا الرئة إلى مجارى الدم حيث يتحد مع الهيموجلوبين

فى خلايا الدم الحمراء ، حيث يمر فى كل الجسم نتيجة لضخ الدم بواسطة القلب .

ويحتوى الهواء الذى نتنفسه على ٧٨٪ نتروجين ، ١٦٪ أوكجسين ، ٤٪ ثانى أكسيد الكربون ، ١٪ بخار ماء ، ١٪ مواد أخرى وذلك بالحجم .

[٧ ـ ٢] الاحـتراق : Combustion :

عند إحتراق الغاز الطبيعى فى وفرة من الهواء فإنه لن يتبقى بقايا للحريق وكذلك الحال عند احتراق البنزين فى السيارة ، فإنه لن يكون هنالك بقايا كربونية أما إذا لم تتوفر الظروف المناسبة للحريق فإنه يتبقى لنا بعض الدخان (ذرات من الكربون) .

وتحتاج أى عملية احترق إلى توفر الأوكسجين بكمية وافرة مناسبة . ولا يحدث الإحتراق إلا إذا كانت درجة الحرارة عالية بما فيه الكفاية أو إذا توفرت شرارة كهربية فى بدء الحريق مثل ما يحدث فى محرك السيارات البنزين . وعندما تقل كمية الهواء عن المقرر فإنه يتكون الكربون كأثر لهذا فإذا أخذنا سطحاً ووضعناه فوق شمعة مشتعلة نلاحظ تكون هباب على هذا السطح .

وكذلك الحال عند إدارة محرك سيارة فى داخل جراج ، فإنه نتيجة لصغر كمية الهواء ، فإنه لن يكون هناك حريق جيد باسطوانات المحرك مما يؤدى لخروج كمية كربون زائدة من ناتج الحريق ، فى صورة غاز سام وهو أول أوكسيد الكربون وهو يتحد مع الهيموجلوبين ويمنعه من حمل الأوكسجين وقد يحدث الاحتراق بمعدلات مختلفة فى السرعة .

فمثلاً نجد أن مادة مثل المغنسيوم ، عند احتراقها فإنه سريعاً ما تتحول المادة الفضية اللون إلى لون أبيض (بودرة) ، وتزداد كتلتها وهذه الزيادة تمثل كتلة الأوكسجين المأخوذ من الجو ولا يحدث إحتراق لفحم الكوك عند درجة حرارة أقل من ٤٠٠°م ولذلك يجب إحراق الخشب أو الغاز الطبيعى لرفع درجة حرارة الفحم .

وعند الرغبة فى حرق الغاز الطبيعى أو البنزين فإنه يلزم شرارة كهربية أو

استخدام الثقاب . وللحصول على الشرارة أو اشتعال الثقاب فإنه يلزم بذل شغل (طاقة إحتكاكية) .

ويمكننا تصنيف السوائل طبقاً لدرجة وميض **flash point** كل منها . وهى تعرف بدرجة الحرارة التى يبدأ عندها بخار هذا السائل فى الاشتعال تلقائياً .

والبنزين درجة وميضة منخفضة ، لذلك يُحظر التدخين فى محطات البنزين ، وفى محركات السيارات البنزين فإنه يتم ضغط بخار البنزين والهواء حيث ترتفع درجة حرارة الخليط ومن ثم يتم إشعاله فى وقت محدد بشرارة كهربية .

[٧ ـ ٣] تكوين اللهب *Structure of flame* :

يعتبر اللهب ، تفاعلاً ، يحدث عند السطح الفاصل بين مادتين وهو يعطى ضوءاً وحرارة .

ويحدث هذا اللهب عند احتراق المادة (الوقود) فى الهواء أو الأوكسجين وإذا رجعنا للباب الثالث سنجد أن اللهب فى موقد بنز عبارة عن ثلاث مناطق محددة .

فالمنطقة الأولى وهى الداخلية ، تكون عديمة اللون وهى عبارة عن الغاز الغير محترق وهى تعتبر باردة نسبياً .

والمنطقة الثانية وهى عبارة عن مخروط أزرق فى المنتصف ، عبارة عن احتراق غير تام للوقود ويتوقف حجمها على نسبة الغاز للهواء الداخلة للموقد .

أما المنطقة الثالثة وهى الخارجية فى اللهب ، تكون مخروطية الشكل كذلك يكون احتراق الغاز تاماً . وتكون ذات لون أصفر مرئى .

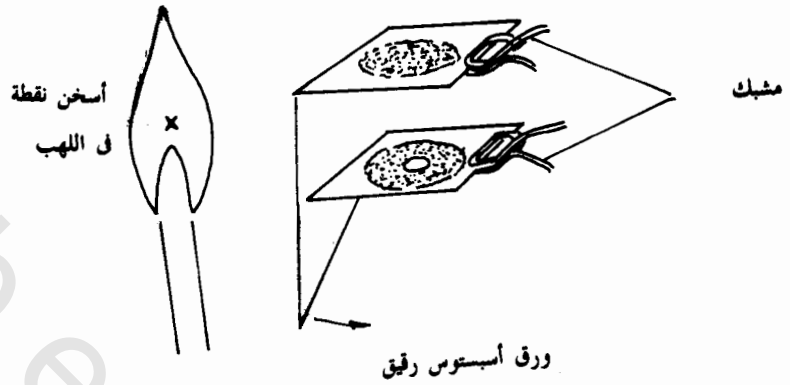
ويمكن معرفة درجة حرارة كل منطقة باستخدام قطعة من سلك معدنى وملقاط (كماشة) .

وسوف نجد أن أسخن نقطة فى اللهب ، تكون مباشرة فوق رأس المخروط الأوسط للغاز الغير كامل الاحتراق .

وتصل درجة الحرارة فى هذه النقطة إلى حوالى ١٢٠٠°م .

انظر الرسم شكل (٧ ــ ١) .

openkanal.com



شـــكل (٧ ـ ١)
لإظهار منطقة الغازات الغير محترقة فى لهب بنز

فإذا ما أغلقنا فتحة الهواء فى موقد بنز فإن اللهب يصير أبرد نسبياً وأهدأ ، وعادة يتم إشتعال موقد بنز بغلق محبس (فتحة) الهواء ، أولاً .

[٧ ـ ٤] الصـــدأ Rusting :

يعتبر الحديد من أشهر المعادن الواسعة الإنتشار فى العالم كله وقد عُرف هذا المعدن منذ قديم الأزل .

وللأسف فإنه من المعادن القابلة للصدأ والتآكل عند تعرضه للهواء الجوى حيث يتكون أكسيد ذو لون بنى مائل للأحمرار وهو الصدأ .

والصدأ هو أحد أنواع التأكسد مثل الإحتراق وتنقشر هذه المادة بسرعة من فوق المعدن الأصلى حيث يتآكل المعدن تدريجياً .

والعوامل التى تساعد على تكون هذا الصدأ ، الهواء ، الرطوبة التى تكفى لجعل طبقة رقيقة من الماء تغطى سطح المعدن وتزداد سرعة الصدأ بوجود الأملاح فى الماء مثل مياه البحر وكذلك بوجود شوائب فى الحديد وينشأ الصدأ بعد مجموعة معقدة من التفاعلات الكيميائية .

ويكلف الصدأ ، إقتصادياً ، الدول بمئات الملايين من الجنيهات سنوياً وهذه

المبالغ عبارة عن تكلفة المواد والطرق المستخدمة للحماية من الصدأ ويتم عزل كثير من المواد الحديدية لعزلها عن الرطوبة والهواء وإذا لم يتم العزل بالدهان فإنه يتم بتشحيم هذه الأجزاء وفى البعض الآخر من المواد الحديدية فإنه يتم جلفنتها **galvanized** أو يتم تغطيتها بطبقة من مركبات الزنك (أوكسيد أو كربونات) أو بطبقة من القصدير.

ويمكن استخدام الصلب الذى لا يصدأ ، إلا أنه مكلف جداً مقارنة بالحديد المعتاد .

ويستهلك الصدأ ، أوكسجين من الجو ، وعند تنفس الحيوان والنبات فإن هذا يستنفذ جزءاً من أكسجين الجو ، وينطلق غاز ثانى أوكسيد الكربون ، وعند احتراق الزيوت والبنزين ومشتقات البترول الأخرى والفحم والغازات الطبيعية والأخشاب فإنها تستهلك الأوكسجين وينطلق غاز ثانى أوكسيد الكربون .

وتؤدى هذه التفاعلات وغيرها من التفاعلات إلى تغير نسب الأوكسجين وثانى أوكسيد الكربون فى الهواء (إلى حدود وهنالك ما يعيد هذا التوازن الطبيعى) .

[٧ ـ ٥] النسب المختلفة للغازات فى الهواء الجوى
the composition of the air.

يمكننا أن نتبين بإجراء بعض التجارب البسيطة ، أن نسبة الأوكسجين فى الهواء الجوى تبلغ حوالى الخمس ($\frac{1}{5}$)من كل الهواء .

ويمكننا أن نتبين وجود بخار الماء فى الهواء الجوى بواسطة كبريتات النحاس اللامائية **anhydrous, copper sulph ate** والتى يتحول لونها من الأبيض للأزرق ، بمعدل يتوقف عن نسبة الرطوبة **humidity** فى الهواء الجوى .

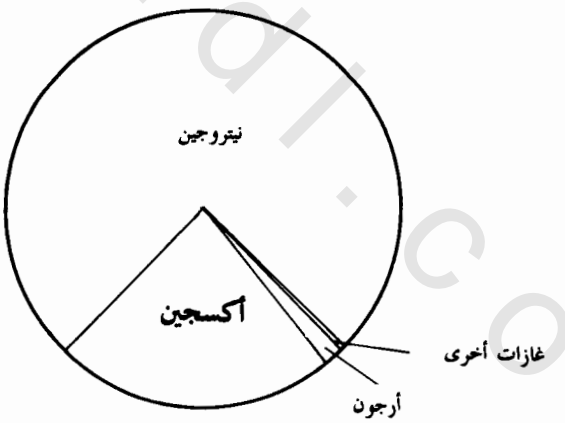
ويمكن تبين ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء باستخدام محلول هيدروكسيد الكالسيوم **calcium hydroxide solution** « ماء الجير » فعند سحب الهواء خلال المحلول فإنه يصبح (لبنى اللون ـ بلون اللبن) وذلك لتكون كربونات الكالسيوم عديمة الذوبان فى الماء **insoluble** بالنسبة للنتروجين فليس من السهل إجراء تجارب لإثبات وجوده فى الهواء الجوى .

إلا أنه عند إحتراق المغنسيوم فى الهواء فإن كل من النيتروجين والأوكسجين فى الهواء يتفاعلان معه ، فعند تسخين الرماد الأبيض المتبقى من الاحتراق مع محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم فإننا يمكن أن نشتم رائحة النشادر (الأمونيا) nitrogen hydride ـــ هيدريد النيتروجين .

ويتحد الهيدروجين الجوى مع المغنسيوم لتكوين نيتريد المغنسيوم والذى يعطى الأمونيا عند تحليله .

ويوضح شكل (٧ ـــ ٢) نسب مكونات الهواء من الغازات المختلفة بالحجم ويلاحظ أنه عند إجراء التجارب لحساب هذه النسب فإن عينة الهواء يجب أن تكون جافة وذلك لأن نسبة بخار الماء فى الهواء متغيرة من مكان لمكان ومن وقت لآخر ومن مناخ لمناخ . وهى تبلغ حوالى ١٪ .

وبالإضافة إلى ما هو موضح بالشكل من غازات ، يجب أن لا نهمل وجود كل من كبريتيد الهيدروجين وثانى أكسيد الكبريت والهباب والأتربة المتساقطة وأول أكسيد الكربون .



شـــكل (٧ ـ ٢)
نسب الغازات المختلفة فى الهواء الجاف « حجماً »

انظر كذلك جدول (٧ ــ ١) وهو يوضح ذلك .

نيتروجين	٧٨٪
أكسجين	٢١٪
أرجون	٠,٩٣٪
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣٪
النيون	٠,٠٠١٨٪
الهيليوم	٠,٠٠٠٥٢٪
الميثان	٠,٠٠٠١٥٪
الكريبتون	٠,٠٠٠١١٪
الهيدروجين	٠,٠٠٠٠٥٪
الأوزون	٠,٠٠٠٠٤٪
اكسينون	٠,٠٠٠ ٠٠٩٪

جدول (٧ ـ ١)
نسب الغازات فى الهواء الجوى بالحجم

[٧ ـ ٦] أهمية الهواء :

يعتبر الهواء حيوياً جداً بالنسبة لكل من الإنسان والحيوان والنبات وجميع المخلوقات الحية لأنه يوفر الأكسجين بنسب مناسبة وبصورة ملائمة لكل منها .

ويقوم الهواء الجوى بمعادلة التفاوت فى درجات الحرارة بين الليل والنهار ويقوم بحرق الشهب والنيازك الساقطة إلى الأرض من الفضاء الخارجى .

كما أن جميع عمليات الاحتراق فى المنازل والمصانع وفى الطبيعة تحتاج إلى كميات كبيرة من الهواء . ويكفى أن تعلم أنه يلزم حوالى ٤ طن من الهواء لحرق كمية من الفحم تكفى لإنتاج طن واحد من الحديد بأفران الحديد بالمصانع .

ويعمل الأوكسجين فى الهواء على تحويل الكبريتات المعدنية الساخنة إلى أكاسيد معدنية ، الأمونيا الساخنة إلى أوكسيد النيتروجين ، ثانى أوكسيد الكبريت الساخن إلى رابع أكسيد الكبريت .

وعلى المستوى الصناعى فإن الهواء الجوى يعتبر المصدر الطبيعى لكل من النيتروجين والأكسجين والأرجون والنيون والكريبتون .

[٧ ـ ٧] الغازات والسوائل والأجسام (المواد) الصلبة

تتشابه كل من الغازات والسوائل فى أن كل منهما ليس لها شكل محدد وفى إمكانية إنسيابها إلا أن الغازات ليس لها سطح يحدد مستواها مثل سطح السوائل بالأوعية المملوءة بها وكذلك فالغازات يمكنها أن تشغل تماماً أى حيز مهما كان حجمه .

ويتأثر حجم الغاز بدرجة كبيرة بكل من ضغطه ودرجة حرارته .

والسوائل يمكنها أن تأخذ شكل الوعاء الموضوعة به ، ويمكنها أن تنساب وبذلك يتغير شكلها بتأثير قوى صغيرة جداً وبالإضافة لذلك فإن للسوائل شكل سطح محدد ، يحدد كمية الفراغ التى يشغلها السائل .

فى حين أن الأجسام الصلبة لها شكل محدد وتقاوم محاولة تغيير شكلها . كما وأن تأثير كل من الضغط والحرارة على السوائل والأجسام الصلبة يعتبر شيئاً بسيطاً ولا يقارن بتأثير الغازات بهما أى بالحرارة والضغط .

وقد علمنا سابقاً أن هنالك ثلاث حالات للمادة تكون عليها عادة وهى الحالة الصلبة ، الحالة السائلة ، الحالة الغازية ومعظم المواد توجد فى الطبيعة فى إحدى هذه الصور ،

وعند تسخين مادة صلبة فإنها تنصهر وتصبح فى صورة سائلة عند درجة حرارة محددة هى درجة الإنصهار (melting point) وعند تبريد سائل فإنه يبدأ فى التجمد عند درجة حرارة محددة يطلق عليها .freezing point « درجة التجمد » .

وعند تسخين سائل فإنه يتحول إلى غاز عند درجة حرارة محددة كذلك تُعرف بدرجة الغليان boiling point وذلك بغرض أن الضغط هو الضغط الجوى « الذى يتم عنده الغليان » حيث أنه برفع الضغط تزداد درجة الغليان .

وعند تبريد غاز إلى أن يتحول إلى الصورة السائلة فإن درجة الحرارة التى

يحدث عندها هذا التحول يُطلق عليها أحياناً درجة التكثف **Condensation point** .

ويمكن إسالة بعض الغازات فى درجة حرارة الغرفة العادية عند زيادة الضغط . وبعض الغازات مثل الكلور **chlorine**، النشادر **ammonia** وثانى أكسيد الكبريت **sulphur dioxide** ، يمكن تحويلها عادة إلى الصورة السائلة تحت تأثير الضغط .

ويستخدم تعبير بخار **Vapour** للغازات التى تكون فى درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارة التكثف والغازات كلها تقبل الانضغاط فعند تعريضها إلى زيادة طفيفة فى الضغط فإن درجة حرارتها ترتفع .

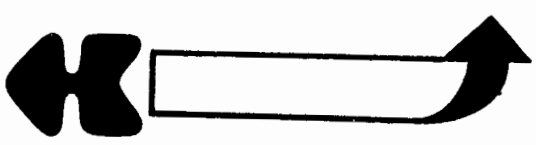
وفى الثلاجة فإن الغاز المستخدم بها فريون ــ ١٢ ، (Freon – 12) يتم ضغطه بكمبرسور الثلاجة (بوحدة المحرك) حيث يتم طرد حرارة الانضغاط عبر مواسير (السربنتينة) بخلف الثلاجة إلى الغرفة ويتحدد الغاز تحت تأثير درجة حرارة الغرفة عبر صمام ويتكون الغاز البارد عند ضغط منخفض حيث يمر بالمواسير بداخل الثلاجة ثم يعاد ضغط الغاز ثانية .

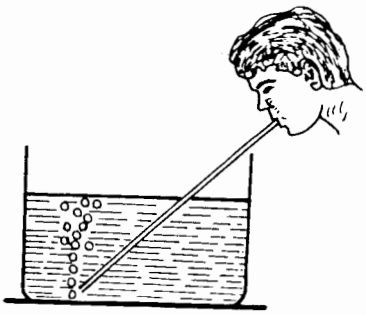
[٧ ـ ٨] خلاصـــة :

(١) يتكون الغلاف الجوى للكرة الأرضية من الهواء الذى نتنفسه كما وأن الرياح تنتج عن تحرك الهواء .

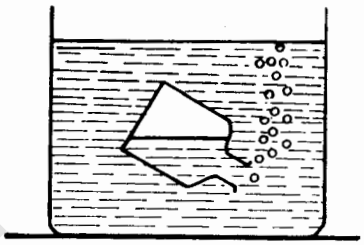
(٢) والهواء غاز (خليط من غازات) عديم اللون والطعم والرائحة ويمكن الاستدلال على وجوده بإجراء تجارب بسيطة على سائل كالماء .

انظر الرسم أشكال (٧ ــ ٣) ، (٧ ــ ٤) ، (٧ ــ ٥) .

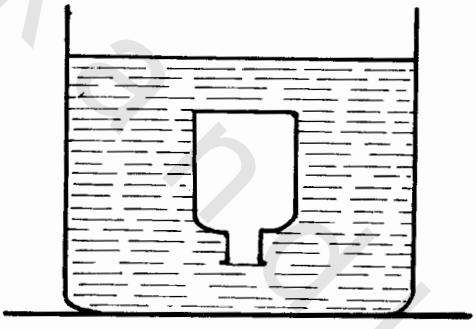




شـكل (٧ ـ ٣)
تظهر فقاعات الهواء عند
النفخ فى الماء



شـكل (٧ ـ ٤)
يخرج الهواء من الإناء
على شكل فقاعات

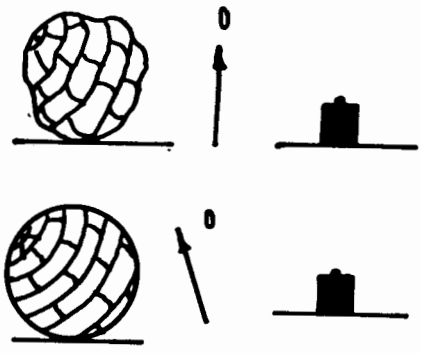


شـل (٧ ـ ٥)
وجود الهواء بالوعاء يحول دون ملء الوعاء بالماء

ويلاحظ فى الأشكال (٧ ــ ٤) ، (٧ ــ ٥) ، أنه لا يمكن ملء الوعاء كلية بالماء لأن وجود الهواء بداخل الوعاء يحول دون ملء الوعاء بالماء .

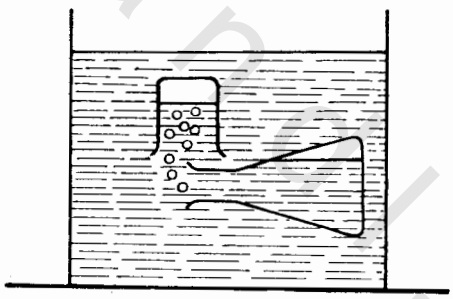
(٣) والهواء مثله مثل أى مادة جسم له وزن ويمكن الاستدلال على ذلك بوزن كرة قدم فارغة ومملوءة وسنلاحظالفرق بين الوزنين .

انظر الرسم شكل (٧ ــ ٦) .



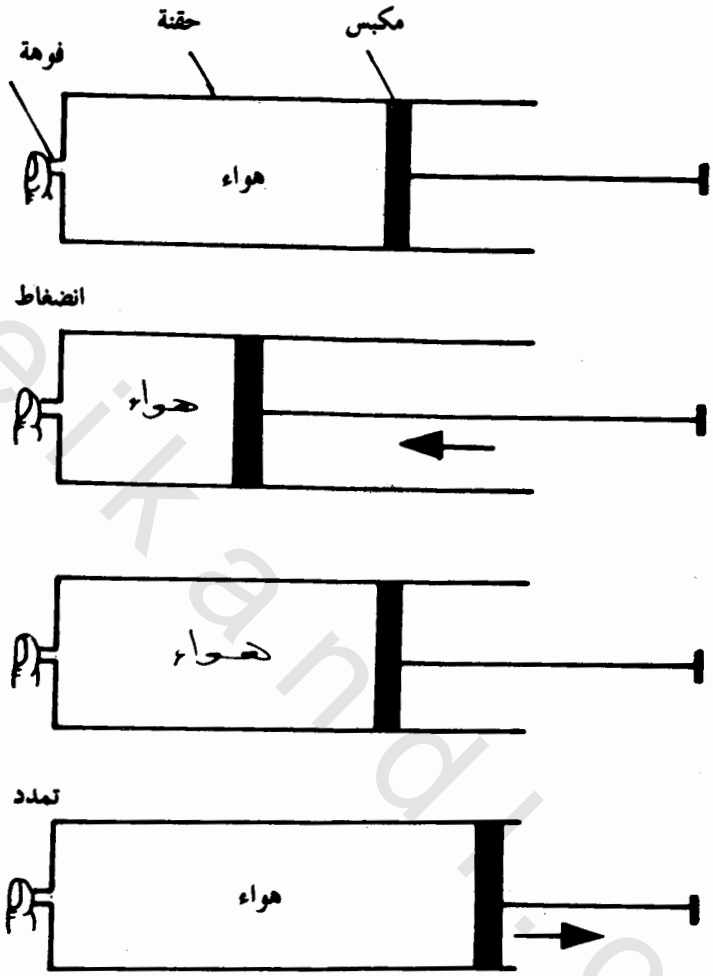
شـــكل (٧ ـ ٦)
بعد نفخ الكرة بالهواء يفقد الميزان توازنه

(٤) والهواء مثله مثل أى غاز ، يعتبر مائعاً فهو يتشكل بشكل الوعاء أو الحيز الموضوع به (الذى يشغله) ، انظر الرسم شكل [٧ ــ ٧] .



شـــكل (٧ ـ ٧)
يخرج الهواء من الإناء السفلى للإناء العلوى الملىء بالماء

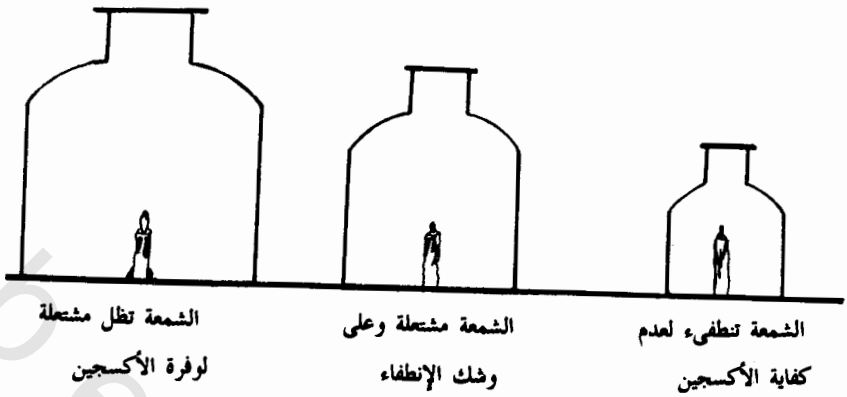
(٥) والهواء كأى مائع يقبل الإنضغاط والتمدد بغير حدود تقريباً فإذا أحضرنا حقنة وسددنا فوهتها وحركنا المكبس للأمام فى وضع الحقن فإنه يتحرك وينقص حجم الهواء وبالعكس فعند سحب المكبس للخلف فى وضع السحب فإننا نلاحظ زيادة حجم الهواء . انظر الرسم شكل (٧ ـ ٨) وهو يوضح ذلك .



شـــكل (٧ ـ ٨)

الهواء غاز قابل للإنضغاط والتمدد

(٦) والهواء يساعد على الإحتراق (لوجود الأكسجين به) ، وإذا نظرنا إلى شكل (٧ ــ ٩) ، نجد ثلاث شمعات مشتعلة فى ثلاث أوعية مختلفة الحجم ، وسوف نلاحظ أن الشمعة الموضوعة بالوعاء الأكبر حجماً ، يدوم اشتعالها لفترة أطول لكبر حجم الهواء به .



شـكل (٧ ـ ٩)
الهواء يساعد على الاشتعال

(٧) والهواء خليط طبيعى من غازات مختلفة أهمها :

ــ الأوكسجين وهو غاز شفاف ليس له لون ويساعد على الاحتراق وتبلغ نسبته فى الهواء حوالى ٢٠٪ .

ــ الأزوت (نيتروجين) وهو أيضاً غاز شفاف عديم اللون لا يساعد على الإحتراق وتبلغ نسبته فى الهواء حوالى ٧٩٪ .

والتجربة التالية تبين أهمية الأكسجين فى الاشتعال وفى الصدأ انظر الرسم شكل (٧ ــ ١٠) .

شـكل (٧ ـ ١٠)
أهمية الأكسجين فى الإشتعال وفى تكوين الصدأ

حيث نأخذ أنبوبتين بكل منهما برادة حديد ، إحداهما مليئة بالهواء والأخرى بها ما يتبقى من الهواء بعد عملية احتراق الشمعة به وسوف نلاحظ بعد عدة أيام أن مستوى الماء يرتفع فى الأنبوبة الأولى ويظهر صدأ على برادة الحديد فى حين أنه لا يحدث أى تغير فى الأنبوبة الثانية .

ويفسر ارتفاع الماء فى الأنبوبة الأولى بأن الماء يحل محل الأوكسجين الذى أدى إلى صدأ برادة الحديد فى حين أن برادة الحديد فى الأنبوبة الثانية لم تصدأ لعدم توفر الأوكسجين بسبب استهلالكه فى احتراق الشمعة .

obeikandl.com