

قانون بويل للغازات ، المضخات

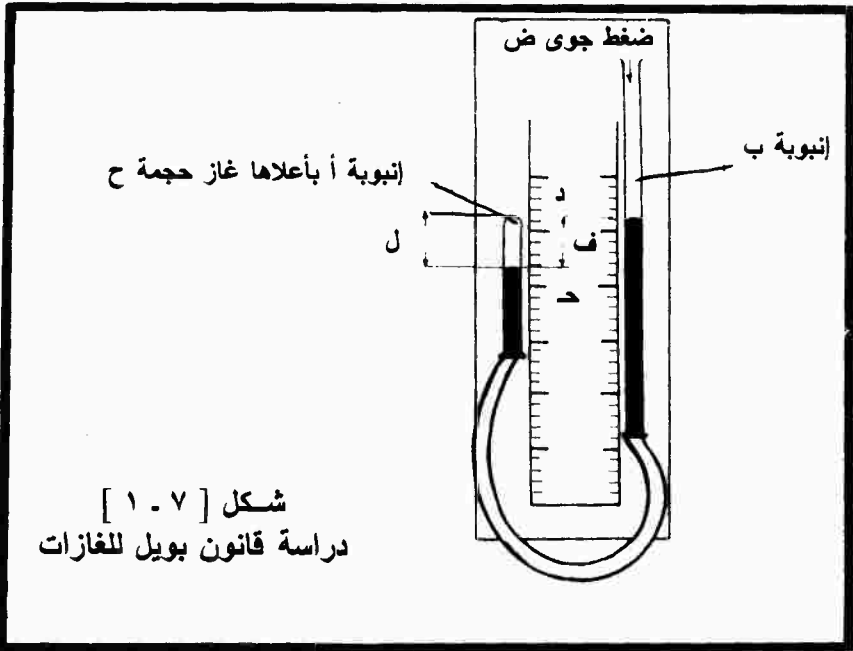
Boyle's Law , Pumps

[٧ - ١] عام :

قام العالم روبرت بويل Robert Boyle في حوالى عام ١٦٦٠ بإجراء بعض التجارب ومنها توصل إلى أن حجم الغاز يتناسب مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة ،

فإذا قمنا بإقلال حجم غاز ما عند نفس درجة الحرارة فإن هذا يعنى زيادة ضغطه .

ويوضح شكل (٧ - ١) جهاز معمل بسيط يعمل بالهواء « كغاز » .



وهو يتكون من أنبوبة زجاجية منتظمة المقطع بها غاز « جاف » ، متصلة بخزان زئبق بواسطة أنبوبة .

ويتم إجراء التجربة كما يلي :

[٧ - ٢] تجربة :

لاحظ طول عمود الهواء « ل » فى الأنبوبة (أ) على المقياس المدرج بجانبها وهو أحد مكونات الجهاز .

وتعتبر « ل » مقياس لحجم الهواء « ح » وذلك لأن الأنبوبة (أ) لها مساحة مقطع منتظمة .

ثم لاحظ الاختلاف فى مستوى الزئبق فى الأنبوبتين (ف) فيما بين المستويين (جـ ، د) .

ثم سجل مقدار الضغط الجوى (ض) باستخدام بارومتر فورتين Fortin barometer أو بأى جهاز آخر لقياس الضغط الجوى .

وبذلك فإن مقدار ضغط الغاز (الهواء) فى الأنبوبة (أ) وليكن $ض_١$

$$ض_١ = (ض + ف) \text{ مم زئبق } .$$

ثم نقوم برفع الضغط المعرض له الهواء فى الأنبوبة (أ) وذلك برفع الأنبوبة الثانية ذات النهاية المفتوحة لأعلى .

ثم لاحظ الفرق فى مستوى الزئبق فى الأنبوبتين (ف_١) والقراءة الجديدة لارتفاع عمود الهواء (ل_١) والتي تعتبر كمقياس لحجم الغاز (ح_١) .

كرر التجربة لتسجيل عدة قراءات لكل من الضغط والحجم وذلك بأخذ ثلاث قراءات مثلاً ، عندما تكون (د) فوق (جـ) .

[أى أن الضغط يكون أكبر من الضغط الجوى]

وبأخذ ثلاث قراءات أخرى عندما تكون (د) أسفل (جـ) .

[أى أن الضغط يكون أقل من الضغط الجوى] .

القياسات :

الضغط الجوى = مم زئبق ، انظر جدول (٧ - ١) .

الضغط مم زئبق	ل مم (تناسب مع ح)	$\frac{1}{C}$ (تناسب مع $\frac{1}{C}$)
.....		
.....		
.....		

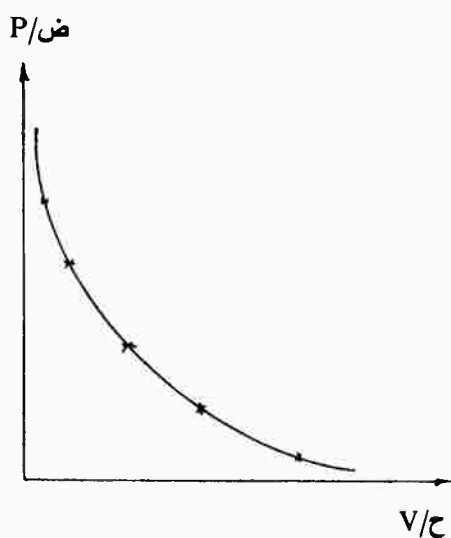
جدول [٧ - ١]

- (أ) ثم قم برسم المنحنى البياني للعلاقة بين الضغط (ض) ، الحجم (ح) .
 (ب) أوجد قيمة $\frac{1}{C}$ (مقلوب ح) ثم سجل القراءات فى الجدول المبين
 (٧ - ١) ثم ارسم العلاقة فيما بين (ض) ، $(\frac{1}{C})$.

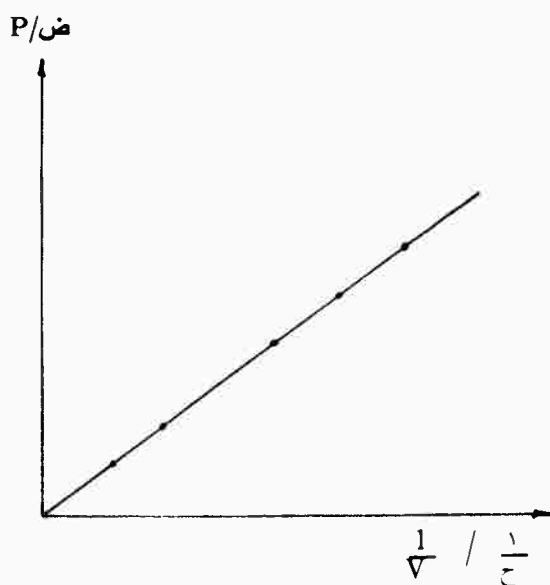
النتائج :

- (أ) العلاقة فيما بين ض ، ح عبارة عن منحنى يقترب عند نهايته من محورى كل من الضغط والحجم .
 (ب) العلاقة بين ض ، $\frac{1}{C}$ عبارة من خط مستقيم يمر بنقطة الأصل انظر الرسم شكل (٧ - ٢) ، (٧ - ٣) .





شكل [٢ - ٧]
العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه



شكل [٣ - ٧]
العلاقة بين ضغط الغاز ومقلوب الحجم

الاستنتاج :

من شكل (٧ - ٣) ، نجد أن الضغط ض يتناسب مع $\frac{1}{ح}$ أى أن الضغط يتناسب عكسياً مع الحجم بمعنى أن زيادة الضغط تؤدي إلى نقص الحجم وزيادة الحجم تعنى نقص الضغط (عند ثبوت درجة الحرارة) .

وهذا يعنى بصورة أخرى أن حاصل ضرب ض $\times$ ح = مقدار ثابت .

وينص قانون بويل على الآتى :

إذا كان لدينا كتلة ما من غاز عند درجة حرارة ثابتة . وكان حجمها = ح وضغطها = ض

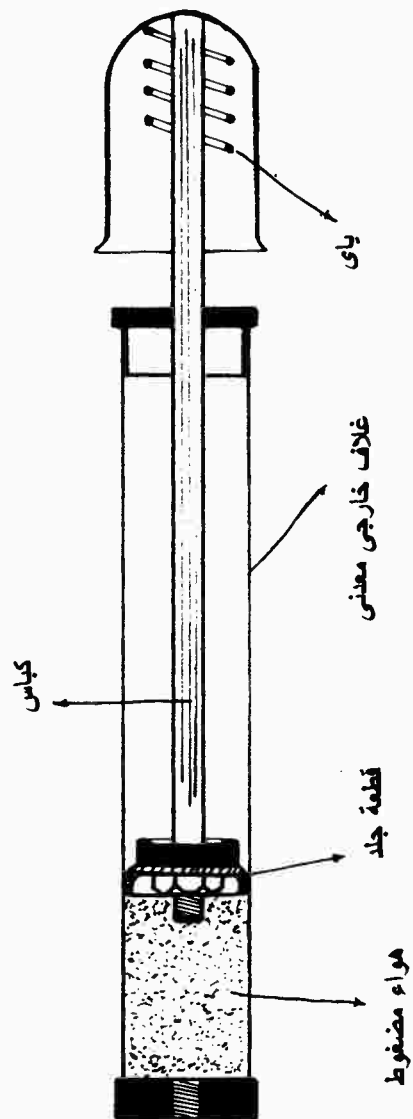
فإن حاصل ضرب ض $\times$ ح = مقدار ثابت .

[٧ - ٣] المضخات Pumps :

يتم عمل المضخات الهوائية بحيث تقوم بضخ الهواء أو ضغطه فى حيز معين أو لكى تقوم بإخراج الهواء (خلخلة) من حيز معين .

ويُعتبر منفاخ إطارات الدراجة مثال بسيط لمضخة ضغط هواء وهى عبارة عن برميل معدنى بداخله كباس صغير يُركب على نهايته قطعة من الجلد كـرأس متحرك منزلق للكباس ، انظر الرسم شكل (٧ - ٤) .





مضخة يدوية بسيطة لإطار الدراجة
شكل [٤ - ٧]

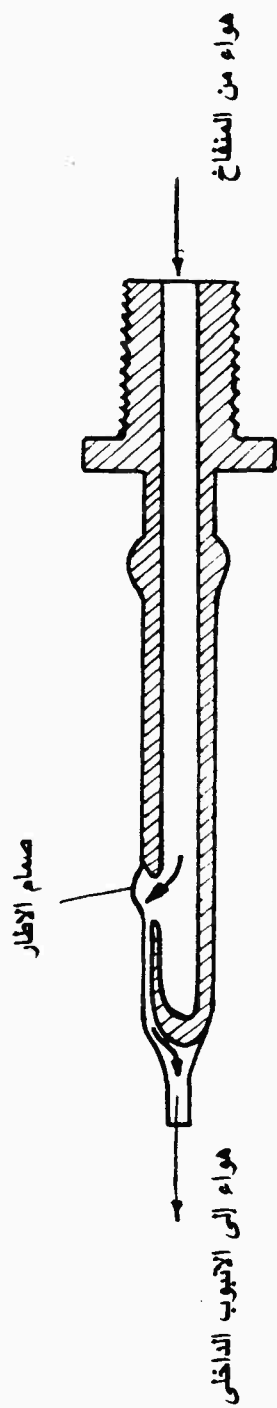
ويتم توصيل المنفاخ بإطار الدراجة الذى يحتوى على صمام مطاطى .
فعند سحب يد المنفاخ للخارج فإن ضغط الهواء أمام المكبس ينخفض
ويقل عن الضغط الجوى [بسبب زيادة الحجم يقل الضغط] .

ثم ينساب الهواء الجوى من الخارج عبر قطعة الجلد على رأس الكباس ،
إلى الحيز الموجود أمام الكباس وفى نفس الوقت فإن صمام العجلة يبقى
مغلقاً .

وعند دفع المكبس للأمام فإن الهواء أمام المكبس ينضغط ويعمل على
دفع قطعة الجلد بإحكام على جوانب الأسطوانة التى يتحرك فيها البرميل
مما يمنع دخول هواء من الخارج .

ويتغلب ضغط الهواء بالمنفاخ على قوة صمام الإطار حيث يفتحه انظر
الرسم شكل (٧ - ٥) ، وهو يوضح صمام الإطار للدراجة .





شكل [٥ - ٧]
صمام إطار الدراجة

وبهذه الطريقة فإن هنالك مع كل حركة لمكبس المضخة ، هواء جديد يدخل للإطار مما يزيد الضغط بداخله للحد الملائم للسير بها بصورة صحيحة .

ومن شكل (٧ - ٥) يتضح كيف أن الصمام يسمح بدخول الهواء ولا يسمح بخروجه فكلما دخل هواء أكثر للإطار ، يزداد ضغطه وتُصبح عملية دفع هواء جديد أكثر صعوبة ولا يفتح هذا الصمام إلا إذا كان ضغط الهواء أمام مكبس المضخة أكبر من ضغطه داخل الإطار .

[٧ - ٤] أمثلة على قانون بويل للغازات :

[١] فسر لماذا يزداد حجم فقاعة هوائية عند ارتفاعها من قاع بركة أو بحيرة ؟

وإذا فرضنا أن حجمها عند سطح الماء في البحيرة ضعف حجمها عند القاع فاحسب عمق هذه البحيرة (اعتبر ثبات درجة حرارة مياه البحيرة) واعتبر أن الضغط عند مستوى سطح البحيرة = 10^5 نيوتن/متر^٢ وأن كثافة الماء = 1000 كجم/م^٣ .

الحل : عند قاع البحيرة يكون الضغط عبارة عن الضغط الجوي مضافاً إليه الضغط الناشئ من وزن عمود الماء الذى هو عبارة عن عمق البحيرة .
فى حين أن الضغط عند سطح البحيرة عبارة عن الضغط الجوى فقط وبذلك فهو يقل عن الضغط بأسفل البحيرة .

وبذلك فإنه كلما ارتفعت الفقاعة كلما قل الضغط الواقع عليها ومن قانون بويل للغازات فإنه كلما قل الضغط زاد الحجم .

وحيث أن حجم الفقاعة فى القاع يبلغ نصف حجمها عند السطح ، فإنه وطبقاً لقانون بويل للغازات فإن الضغط عند قاع البحيرة يعادل ضعف الضغط عند السطح (١ جوى) .

٢٠. الضغط عند قاع البحيرة والناشئ من ارتفاع مقداره $F = 1$ ضغط جوى .

$$\therefore \text{ف} \times \text{ث} \times \text{ج} = ٥١٠ \text{ نيوتن/م}^٢ .$$

$$\text{وباعتبار أن ج} = ١٠ \text{ م/ث}^٢ , \text{ ث} = ١٠٠٠ \text{ كجم/م}^٣ .$$

$$\therefore \text{ف} = ١٠ \times ١٠٠٠ \times ٥١٠ .$$

$$\therefore \text{ف} = ١٠ \text{ متر وهو عمق البحيرة} .$$

[٢] اسطوانة حجمها ٥٠ لتراً تحتوى على غاز الأوكسجين تحت ضغط ١٥ جوى فإذا فتحنا منظم هذه الأنبوبة فإننا نحصل على حوالى ٧٥ لتر أوكسجين تحت الضغط الجوى فإذا كانت درجة حرارة الغاز ثابتة فاحسب :

(أ) حجم الأوكسجين الذى خرج من الأنبوبة تحت ضغط ١٥ جوى .
(ب) ضغط الغاز المتبقى فى الأسطوانة .

الحل :

(أ) من قانون بويل فإن الضغط $\times$ الحجم = مقدار ثابت .

$$\therefore ٧٥ \text{ لتر عند } ١ \text{ جوى لها حجم قدره ح عند } ١٥ \text{ جوى} .$$

$$\therefore ١ \times ٧٥ = \text{ح} \times ١٥$$

$$\therefore \text{ح} = \frac{٧٥}{١٥} = ٥ \text{ لتر}$$

(ب) حجم الغاز الذى خرج من الأسطوانة = $٥٠ - ٥ = ٤٥$ « لتراً عند ضغط ١٥ جوى .

وحيث أن الكمية المتبقية تملأ حيزاً قدره = ٥٠ لتراً .

لذلك يقل الضغط ويصبح مقداره ، من قانون بويل :

$$\text{ض} \times ٤٥ = ٥٠ \times ١٥$$

$$\therefore \text{ض} = \frac{٤٥ \times ١٥}{٥٠} = ١٣,٥ \text{ جوى}$$

خلاصة :

ينص قانون بويل للغازات على أنه لكتلة ثابتة من الغاز وعند درجة حرارة ثابتة فإن حجمها يتناسب عكسياً مع ضغطها أو حجمها $\times$ ضغطها = مقدار ثابت .

[٧ - ٥] تدريبات متنوعة Exercises :

[اعتبر عجلة الجاذبية الأرضية $= ١٠$ متر/ث^٢ $= ١٠$ نيوتن/كجم]

[١] (أ) صندوق على شكل متوازي مستطيلات يزن ١٠٠ نيوتن ، يستقر على أحد أوجهه ، الذى مساحته ٤ م^٢ ، احسب الضغط الناشئ من الصندوق على المستوى الذى يستقر عليه .

(ب) إذا وضعنا وزناً قدره [و] على قمة هذا الصندوق ، فازداد الضغط إلى ٤٠ نيوتن/م^٢ فاحسب الوزن [و] .

(ج) اسطوانة تحتوى على غاز الأوكسجين الذى حجمه ح عن ضغط ٣ كجم/سم^٢ ، فإذا كان هذا الغاز حجمه $= ٣٠$ لتر عند ضغط جوى واحد عند ثبوت درجة الحرارة فما مقدار ح .

(د) احسب مقدار الضغط بالنيوتن/متر^٢ عند قاع بحيرة عمقها ١٠ متر والناشئ من وزن عمود الماء فوقها — اعتبر كثافة الماء ١٠٠٠ كجم/م^٣ .
[الأجوبة :

(أ) $= ٢٥$ نيوتن/م^٢ ، (ب) $= ٣٠$ نيوتن .

(ج) $= ١٠$ لتر ، (د) $= ١٠٠٠٠٠$ نيوتن/م^٢] .

[٢] احسب مقدار الإنخفاض فى ارتفاع عمود الزئبق فى بارومتر ، إذا صعدنا بهذا البارومتر لارتفاع مقداره ١ كيلومتر .

[اعتبر كثافة الزئبق $= ١٣٠٠٠$ كجم/م^٣ وكثافة الهواء $= ١,٣$ كجم/م^٣]
[الإجابة ١٠ سم]

[٣] مجسم صلب على شكل متوازي مستطيلات أبعاده $٤ \times ١٠ \times ٢٠$ سم وكثافة مادته ٨٠٠٠ كجم/م^٣ ، فإذا استقر على

سطح مستوى أفقى فاحسب أقل وأكبر ضغط يمكن أن ينشأ من وضع هنا الجسم على المستوى بالنيوتن/م^٢ .

[الإجابة ٣٢٠٠ نيوتن/م^٢ ، ١٦٠٠٠ نيوتن/م^٢] .

[٤] (أ) ما هى الموانع التى تحول دون استخدام الماء فى البارومتر .

(ب) إذا كانت قراءة بارومتر زئبقى عند سفح جبل = ٧٥,٥٨ سم زئبق فى حين أنها تبلغ ٦٦,٣٧ سم زئبق عند قمة الجبل .

فاحسب إرتفاع الجبل ، اعتبر أن

كثافة الزئبق = ١٣٦٠٠ كجم/م^٣ ، متوسط كثافة الهواء = ١,٢٥ كجم/م^٣ .

[الإجابة : ١٠٠٠ متر] .

[٥] فى المكبس الهيدروليكى ، احسب الضغط المنقول إذا أثرتنا بقوة مقدارها = ١٠ ٠٠٠ نيوتن على مكبس قطره ١ متر مع إهمال قيمة الفقد فى الاحتكاك .

[الإجابة : ١٢٧٤٠ نيوتن/م^٢]

[٦] أنبوبة رأسية منتظمة المقطع ، طولها ٤٠ سم ، عُزلت من نهايتها العلوية ووضعت فى حوض به زئبق إلى أن أصبح طول عمود الهواء المحبوس ٣٥ سم ، فأوجد عمق الجزء المغمور من الأنبوبة إذا كان الضغط الجوى = ٧٧ سم زئبق .

[الإجابة : ١٦ سم]

[٧] إذا كان لدينا ١ سم^٣ من الهواء تحت الضغط الجوى الذى يبلغ ٧٦ سم زئبق تم إدخاله فى بارومتر بسيط ، فانخفض مستوى الزئبق فى الأنبوبة بمقدار ١٢ سم فاحسب :

(أ) الضغط الناشئ من الهواء فى الأنبوبة .

(ب) حجم الفراغ فوق الزئبق المشغول بالهواء .

[الإجابة : ١٢ سم زئبق ، ٦,٣ سم]

[٨] أنبوبة منتظمة المقطع طولها ٩٦ سم ، عُزلت من إحدى نهايتها ووضعت من جهة ناحيتها المفتوحة فى زئبق إلى أن أصبح طول عمود الهواء المحبوس = ٨٤ سم .

فأوجد مقدار طول الجزء المغمور من الأنبوبة فى الزئبق علماً بأن الضغط الجوى وقت إجراء التجربة = ٧٧ سم زئبق .

[الجواب : ٢٣ سم]

[٩] فى مجموعة مكبس هيدروليكى كان قطر الكباس الصغير = ٥ سم فى حين أن قطر المكبس الكبير = ٣٠ سم ، فاحسب .

(أ) الدفع على المكبس الكبير والناشئ من التأثير على الكباس الصغير بقوة قدرها ٢٥٠ نيوتن .

(ب) المسافة التى يتحركها المكبس الكبير ، إذا تحرك المكبس الصغير ٦٠ سم .

[الإجابة (أ) = ٩٠٠٠ نيوتن ، (ب) = $1\frac{2}{3}$ سم]

[١٠] بارومتر زئبقى أنبوته منتظمة المقطع وطولها ٨٥٠ مم فوق مستوى سطح الزئبق فى الخزان ، فإذا كانت قراءة البارومتر = ٧٥٠ مم زئبق عندما كان الضغط الجوى = ٧٦٠ مم زئبق .

فكم يبلغ مقدار الضغط الجوى إذا أصبحت قراءته = ٧٣٠ مم زئبق .

[٧٣٨ مم زئبق]