مثال 1

معدل التدفّق الحجمي لمائع $6\ m^3/s$. احسب حجم السائل الذي سيتدفّق في دقيقة واحدة.

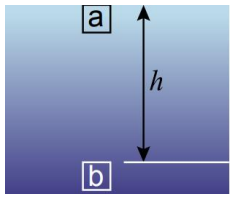
مثال 2

ما معدّل التدفق الحجمي للنفط في أنبوب قطره 10 m، إذا كانت سرعة تدفّق النفط 5 m/s؟

مثال 3

يبلغ قُطر خرطوم حديقة 1.8 cm، وهو مزوّد بفوهة قطرها 0.5 cm. احسب سرعة الماء في الخرطوم وفي فوهته إذا كان معدّل تدفّق الماء 0.5 L/s.

مثال 4



ما ضغط الماء عند عمق h تحت سطح المحيط؟

مثال 5

تزداد سرعة الماء في خرطوم حديقة من 2 m/s إلى 25.5 m/s عندما ينتقل الماء عبر فوهة الخرطوم. احسب الضغط في داخل خرطوم الحديقة إذا كان الضغط في الفوّهة $1 \times 10^5\ N/m^2$.

علمًا أن كثافة الماء $1000Kg/m^3$

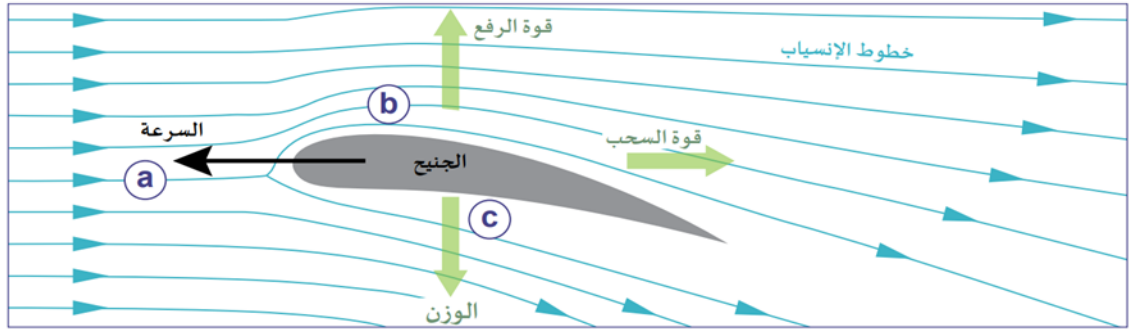
1. ما العلاقة بين معدّل التدفق الحجمي وسرعة المائع؟

2. a. ما الفرق بين مائع قابل للانضغاط ومائع غير قابل للانضغاط؟
   b. حدّد 3 مواد تُعدّ مثالًا على مائع غير قابل للانضغاط.

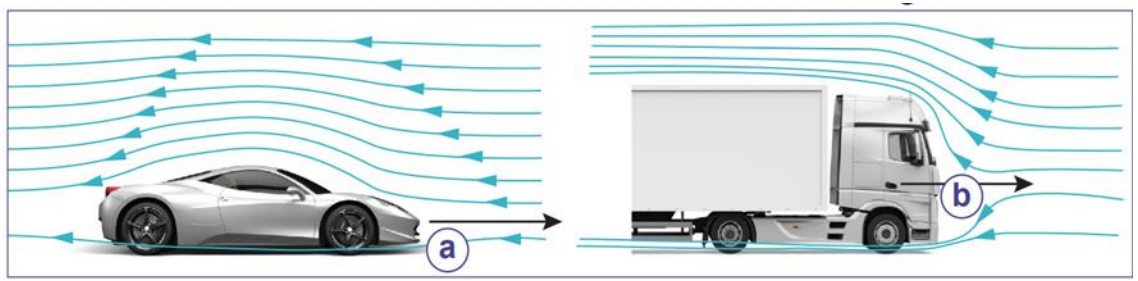
3. كيف يمكننا أن نولّد زيادة في سرعة التدفّق في أنبوب؟ هل يكون ذلك بتقليل نصف قطر الأنبوب أم بزيادته؟ وضّح اختيارك.

4. إذا تضاعفت مساحة المقطع العرضي لأنبوب يتدفق فيه ماء تسع مرات. كيف تتغير سرعة تدفّق الماء فيه؟

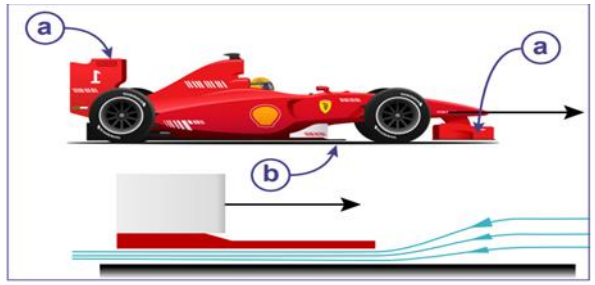
5. لماذا نتعرض للخطر إذا وقفنا بالقرب من خطوط السكك الحديدية عندما يمر عليها قطار سريع؟



الشكل 4-15 خطوط الانسياب والقوى حول جنيح الطائرة خلال الاقلاع والطيران.



الشكل 4-18 خطوط انسياب الهواء حول سيارة (a) وحول شاحنة (b)



الشكل 4-19 إنتاج قوة رأسية إلى أسفل في سباق السيارات نتيجة لتدفق الهواء.

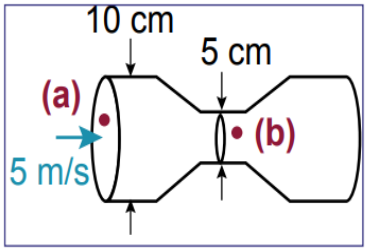
6. احسب الضغط على عمق 10 m في مائع كثافته $5000\ kg/m^3$.

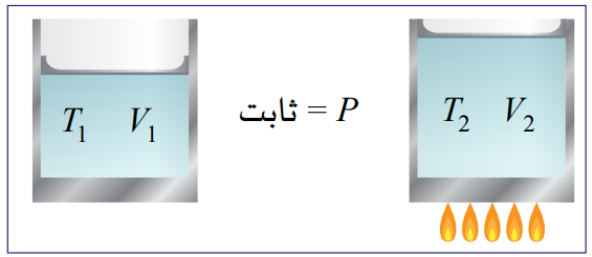
7. يُخزن الماء في برج مبنى. وعندما ينتقل الماء من البرج إلى الشقق المختلفة، يتغير حجم الأنابيب، فينتقل الماء بسرعة 5 m/s في الأنبوب الذي قُطره 0.5 m. ويزداد قطر الأنبوب إلى 1.5 m. فما سرعة الماء في الأنبوب الذي قُطره 1.5 m إذا أهملنا الطاقة المهدورة؟

8. كوب ورقي مملوء بالماء وُضع على طاولة. أحدث طالب ثقبًا في الكوب على بعد 10 cm في أسفل حافته. ما سرعة الماء المتدفّق من الثقب؟

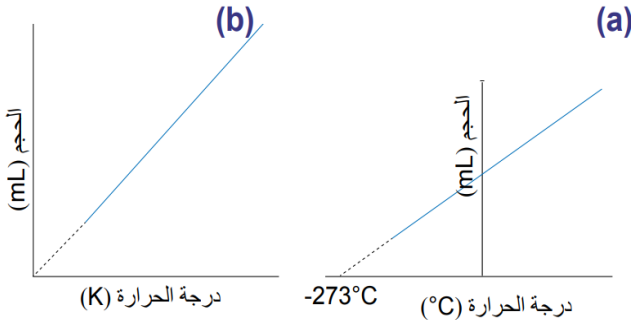
9. تستخدم مصفاة نفط الإيثانول كوقود، فيتدفّق الإيثانول بسرعة 1 m/s وضغط 101,300 Pa في أنبوب الوقود. فإذا أرادت المصفاة زيادة ضغط الإيثانول في الأنبوب إلى 202,600 Pa، فما الفرق في ارتفاع الأنبوب؟ (كثافة الإيثانول $789\ kg/m^3$).

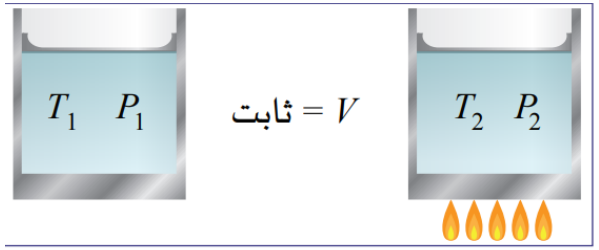
10. يتناقص قطر الأنبوب أسطواني من 10 cm إلى 5 cm، ثم يعود إلى 10 cm مرة أخرى. يدخل هواء كثافته $1\ kg/m^3$ الأنبوب بسرعة متوسطة 5 m/s عند النقطة (a) حيث الضغط 100 kPa. احسب الضغط عند النقطة (b).



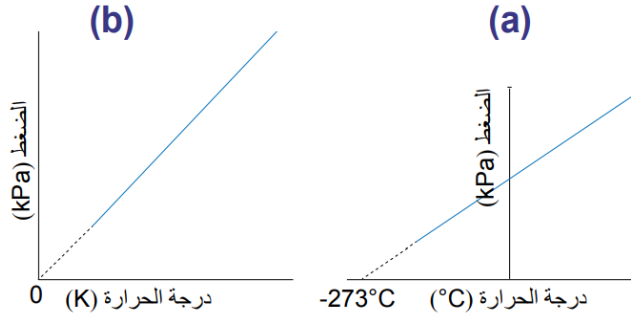


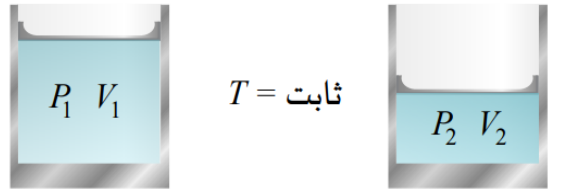
الشكل 4-26 قانون شارل: يتناسب الحجم طرديا مع درجة الحرارة المطلقة عند ضغط ثابت .

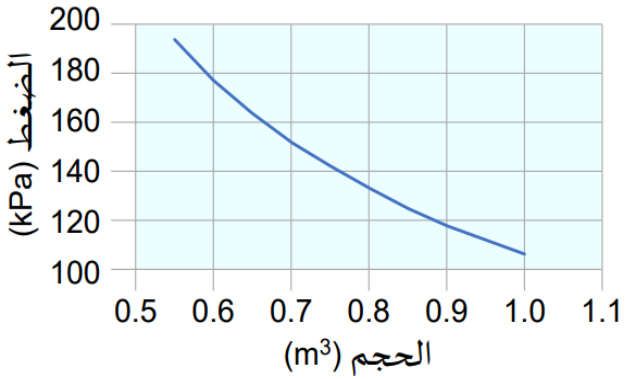




الشكل 4-28 عند حجم ثابت، يزداد الضغط بازدياد درجة الحرارة.

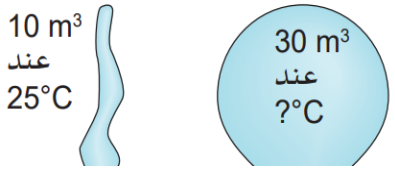






مثال 6

يحتوي بالون هواء ساخن على كمية من الهواء حجمها $10\ m^3$ ودرجة حرارتها $25°C$. إلى أي درجة حرارة يجب أن يُسخّن الهواء بحيث يصبح حجمه النهائي $30\ m^3$؟



مثال 7

سُخِّنَت كمية من غاز عند حجم ثابت من درجة حرارة $25°C$ وضغط $100\ kPa$ إلى درجة حرارة $1000°C$. ما هو الضغط النهائي للغاز؟

مثال 9

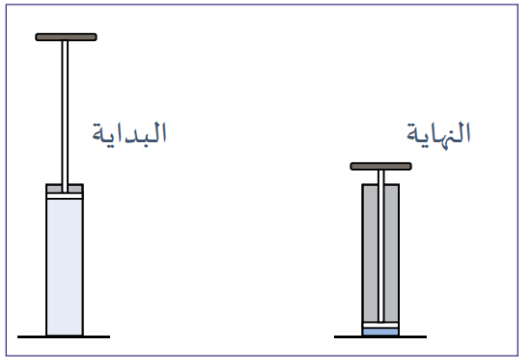
غاز، حجمه $0.002\ m^3$ عند درجة حرارة $22°C$، سُخِّن عند ضغط ثابت فازداد حجمه إلى $0.004\ m^3$. ما درجة الحرارة النهائية؟

مثال 10

درجة الحرارة الابتدائية لغاز هي 37°C وضغطه الابتدائي 300 kPa. يتم وضع الغاز داخل حاوية ذات حجم ثابت. كم سيبلغ ضغط الغاز، إذا ازدادت درجة حرارته إلى 87°C؟

مثال 11

تحتوي مضخّة الدراجة الهوائية على $8 \times 10^{-4}\,m^3$ من الغاز. ضُغِطَ الغاز حتى وصل حجمه إلى $8 \times 10^{-5}\,m^3$ بعد أن ازداد الضغط من 101kPa إلى 1100 kPa. إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية 20°C، فما هي درجة الحرارة النهائية؟ وكم يبلغ عدد مولات الغاز الموجودة في المضخّة؟



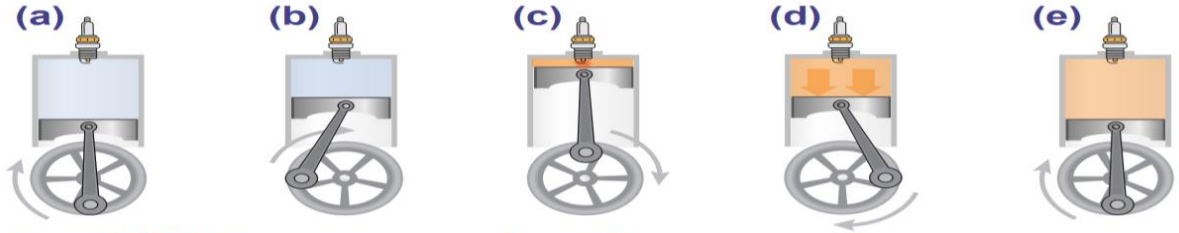
المطلوب: درجة الحرارة النهائية T_2، عدد المولات n

مثال 12

يُزوّد محرك السيارة بمكبس يضغط حجم الغاز في الأسطوانة كما في **الشكل 32-4 a**. عندما يصل المكبس المتحرك إلى أقصى ارتفاع، تقوم شمعة الإشعال بإحداث شرر يؤدي إلى إشعال الغاز الناتج من مزيج الهواء وبخار الوقود كما في **الشكل 32-4 c**. يؤدي ذلك إلى ارتفاع كبير ومفاجئ في درجة حرارة الخليط وضغطه. يؤدي الضغط الكبير إلى تمدد الغاز في الأسطوانة وينتج القوة المطلوبة من المحرّك (**الشكل 32-4 d**). يمكننا إهمال كمية الوقود القليلة واعتبار الغاز هو الهواء فقط.

a. إحسب أقصى قيمة لضغط الغاز خلال دورة المحرّك.

b. احسب ضغط الغاز في المرحلة e بافتراض أن درجة الحرارة تبقى ثابتة بين (c) و (e).



$P_1 = 100000\ \text{Pa}$
$V_1 = 5.0 \times 10^{-4}\ \text{m}^3$
$T_1 = 30°\text{C}$

$P_2 = ?\ \text{Pa}$
$V_2 = 5.5 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$
$T_2 = 2100°\text{C}$

1. الضغط المطلق لكمية معينة من الغاز يبلغ 250000 Pa عند 20°C . كم يصبح الضغط إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 1000°C وبقي الحجم ثابتًا؟

2. افترض وجود كمية من غاز مثالي عند درجة حرارة 27°C
   a. إذا تم تسخين الغاز بمقدار 1 درجة مئوية عند ضغط ثابت، فما نسبة التغيّر في حجمه؟
   b. إذا بقي الحجم ثابتًا أثناء تبريد الغاز بمقدار 1 درجة مئوية بدءًا من 27°C، فما نسبة التغيّر في ضغطه؟
   c. إذا بقيت درجة حرارة الغاز ثابتة وقد تمدد حجمه بنسبة 1%، فبأي نسبة سيتغير ضغطه؟

3. يبلغ حجم إطار السيارة 10 L، ويتم نفخه ليصبح ضغطه 207000 Pa عند 20°C. كم عدد مولات الهواء داخل الإطار؟

4. كم يبلغ عدد مولات الغاز الموجودة في حاوية محكمة حجمها $0.025\ m^3$، عند درجة حرارة 320 K وضغط 480000 Pa؟

7. اشرح، باستخدام الحجم الجزيئي والقوى بين الجزيئات، كيف ينحرف سلوك الغازات الحقيقية عن النموذج المثالي عند قيم ضغط عالية ودرجات حرارة منخفضة.

8. يبلغ حجم الهواء داخل إطار السيارة $0.015\ m^3$ عند 273 K وضغط 250,000 Pa.
   a. بعد قيادة السيارة ، ازداد ضغط الهواء داخل الإطار . اشرح سبب حدوث ذلك.
   b. ما الضغط الجديد للإطار إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 308 K وتمدد الحجم إلى $0.016\ m^3$ بعد قيادة السيارة لبعض الوقت.

1. أيُّ من الكميات الآتية لا تكون ثابتة عند تدفق مائع غير قابل للانضغاط في أنبوب له مساحات مقطع مختلفة؟
   a. الكتلة
   b. الحجم
   c. السرعة
   d. معدل التدفق

2. ما الذي توضحه معادلة برنولي رياضيًا؟
   a. سبب ثبات الضغط في جميع أنحاء المائع.
   b. سبب عدم ارتباط الضغط بسرعة انسياب المائع.
   c. سبب انخفاض الضغط عند زيادة سرعة انسياب المائع.
   d. سبب ازدياد الضغط عند زيادة سرعة انسياب المائع.

3. وفقًا لمعادلة برنولي، أي مما يأتي يجب أن يحدث عندما تمر شاحنة كبيرة بجانب سيارة على الطريق السريع؟
   a. ينخفض الضغط بينهما، فتبتعد السيارة قليلًا عن الشاحنة.
   b. يزداد الضغط بينهما، فتبتعد السيارة قليلًا عن الشاحنة.
   c. ينخفض الضغط بينهما، فتقترب السيارة قليلًا من الشاحنة.
   d. يزداد الضغط بينهما، فتقترب السيارة قليلًا من الشاحنة.

4. يتدفق الماء عبر أنبوب قطره 7 m بسرعة 8 m/s، ويتدفق الزيت عبر أنبوب مربع المقطع تبلغ مساحته $1\ m^2$ بسرعة 5 m/s. في أي من الأنبوبين يكون معدل التدفق الحجمي أكبر؟
   a. أنبوب الزيت
   b. انبوب الماء
   c. كلا الأنبوبين لهما معدل التدفق نفسه.
   d. هناك حاجة إلى مزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.

5. يقوم طالب بتسخين وعاء صلب ثابت الحجم يحتوي على غاز مثالي، حيث رفع درجة حرارته من 50°C إلى 100°C. أية عبارة تصف تغيّر الضغط بدقة؟
   a. يتضاعف ضغط الغاز.
   b. ينخفض ضغط الغاز إلى النصف.
   c. يصبح ضغط الغاز أكثر من الضعفين.
   d. يزداد ضغط الغاز بعامل يقع بين 1 و 2.

6. ما الذي يحدث إذا ارتفعت درجة الحرارة في كمية ثابتة من الغاز عند حجم ثابت؟
   a. ينخفض ضغط الغاز.
   b. يرتفع ضغط الغاز.
   c. يتكثف الغاز على شكل سائل.
   d. تتفكك جزيئات الغاز إلى ذرات منفصلة.

7. عندما يتم خفض حجم الغاز عند درجة حرارة ثابتة يزداد الضغط الذي يبذله الغاز على جدران الوعاء. لماذا يحدث ذلك؟
   a. يتم ضغط جزيئات الغاز.
   b. تتنافر جزيئات الغاز بقوة أكبر.
   c. تزداد السرعة المتوسطة لتصادمات جزيئات الغاز بجدران الوعاء.
   d. تتقارب الجزيئات ويزداد عدد التصادمات بين جزيئات الغاز وجدران الوعاء.

8. يؤدي التغيير في حجم الغاز المثالي ودرجة حرارته إلى حدوث تغيير في ضغطه. أيٌّ من الحالات التالية ستؤدي دائمًا إلى زيادة الضغط؟
   a. زيادة الحجم وزيادة درجة الحرارة.
   b. زيادة الحجم وانخفاض درجة الحرارة.
   c. انخفاض الحجم وزيادة درجة الحرارة.
   d. انخفاض الحجم وانخفاض درجة الحرارة.

9. يحفظ غاز مثالي عند حجم ثابت ودرجة حرارة 300 K. كم تبلغ درجة حرارة الغاز إذا تضاعف ضغط الغاز وبقي حجمه ثابتًا؟
   a. 150 K
   b. 286.5 K
   c. 327 K
   d. 600 K

10. يتم ملء وعاءين متماثلين بـ 2 mole من الغاز لكل منهما. يحتوي الوعاء الأول على غاز CO_2 ويحتوي الوعاء الثاني على غاز H_2 عند درجة الحرارة الغرفة. ماذا يمكن أن نقول عن ضغط الغازين؟
   a. الضغط هو نفسه في الوعاءين.
   b. ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون يكون أعلى من ضغط غاز الهيدروجين.
   c. ضغط غاز الهيدروجين يكون أعلى من ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون.
   d. لا يمكن مقارنة ضغط الغازَيْن.

11. لماذا تكون سرعة المائع أكبر عندما تكون خطوط الانسياب متقاربة.

12. استنادًا إلى معادلة برنولي، صف الأشكال الثلاثة لطاقة المائع.

13. المراكب الشراعية لها دفّة في أسفلها كتلك الظاهرة في الشكل المجاور. ما الغرض من استخدامها بحسب معادلة برنولي؟

14. اثبت أن وحدة الضغط تساوي الطاقة لكل وحدة حجم.

15. يتدفق الماء عبر أنبوب تبلغ مساحة مقطعه العرضي $0.4\ m^2$، بسرعة $8\ m/s$. إذا انخفضت مساحة المقطع العرضي للأنبوب إلى $0.2\ m^2$ وازداد ارتفاع الأنبوب بمقدار $4\ m$، فاحسب السرعة الجديدة للمائع.

16. معدل تدفق الدم Q عبر أنبوب شعري نصف قطره $2 \times 10^{-6}\ m$ هو $3.8 \times 10^{-11}\ m^3/s$.

a. احسب سرعة تدفق الدم.

b. إذا كان الدم كله يمر عبر الشعيرات الدموية ، فكم عدد الشعيرات الدموية التي يجب أن تتوافر ليكون معدل التدفق الكلي $9.5\times10^{-5}\ m^3/s$؟

17. مائع كثافته $1000\ kg/m^3$ يتدفق عبر أنبوب بسرعة $5\ m/s$ وضغط $100000\ Pa$. تزداد سرعة المائع بعد ذلك إلى $10\ m/s$. احسب القيمة الجديدة لضغط المائع.

18. يقوم طبيب بدراسة تدفق الدم عبر وعاء دموي يحتوي على جلطة دموية. هناك غازات مذابة في الدم مثل الأكسجين. هل سيرتفع الضغط الواقع على الأكسجين في الدم أم ينخفض عندما يتدفق أثناء حدوث الجلطة؟ اشرح إجابتك

19. يبلغ ضغط الماء عند نقطة توصيل خرطوم إطفاء الحريق $400\ kPa$ ($400000\ Pa$). ما أقصى سرعة لتدفق المياه من فوهة الخرطوم إذا كان الخرطوم أفقيًا؟ كثافة الماء $1000\ kg/m^3$.

20. يتدفق الماء عبر أنبوب أفقي بمعدل $5 \times 10^{-3}\ m^3/s$. تبلغ مساحة المقطع العرضي عند منتصف الأنبوب $2 \times 10^{-3}\ m^2$، وضغط الماء عنده $1.6 \times 10^5\ Pa$.

a. احسب سرعة تدفق الماء عند منتصف الأنبوب.

b. ينخفض الضغط قرب نهاية الأنبوب إلى $1.2 \times 10^5\ Pa$. ما سرعة الماء عند هذه النقطة؟

c. ما مساحة المقطع العرضي للأنبوب بالقرب من نهايته؟

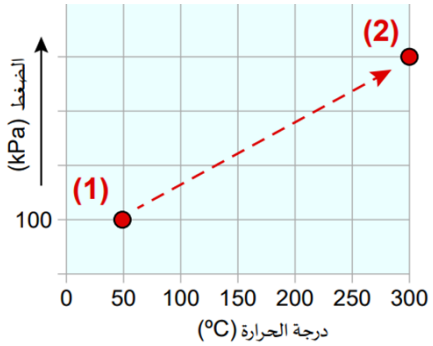
21. احسب القوة المؤثرة في نافذة مساحتها $3\ m^2$ عندما تهب الرياح في الخارج باتجاه موازٍ للنافذة وبسرعة $20\ m/s$. لاحظ أن سرعة الرياح في الداخل هي $0\ m/s$. هل ترى أن هذا يشكل مشكلة لمهندسي البناء؟ لماذا؟ (افترض أن كثافة الهواء $1.29\ kg/m^3$).

22. تحت أية ظروف لا تنطبق معادلة الغاز المثالي، $PV = nRT$ على الغاز الحقيقي؟

23. وحدة قياس الضغط هي نيوتن لكل متر مربع (N/m^2) ووحدة قياس الحجم هي متر مكعب (m^3). ما وحدة قياس الضغط × الحجم؟ ما الكمية الفيزيائية التي لها وحدة القياس هذه؟

24. تم ملء وعاء ثابت الحجم بغاز عند درجة حرارة 37°C وضغط 300000 Pa، ثم سُخِّنَ الغاز إلى أن وصلت درجة حرارته إلى 87°C. ما مقدار الضغط النهائي عند درجة الحرارة النهائية؟

28. يظهر الشكل المجاور حالتين لكمية ثابتة من غاز مثالي عند حجم ثابت مقداره $1\ m^3$.



a. احسب درجة الحرارة المطلقة للغاز عند الحالة (1)

b. احسب عدد مولات الغاز.

c. ما الضغط المطلق للغاز عند الحالة (2)؟

d. ما القيمة التي يقرأها مقياس الضغط عند الحالة (2)؟