دليل تقويم مناهج العلوم

مادة الفيزياء– المستوى الثاني عشر

الفصل الدراسيّ الثاني

الوحدة 5: أساسيّات الديناميكا الحراريّة

فهرس المحتويات

أوّلا: الاختبارات 3

الاختبار التشخيصي 4

تطبيق الدرس الأوّل: خصائص النظام الديناميكي الحراري 7

تطبيق الدرس الثاني: قوانين الديناميكا الحراريّة 11

تطبيق الدرس الثالث: المحرّكات الحراريّة 14

اختبار المهارات العمليّة 17

اختبار مهارات الاستقصاء العلمي 19

اختبار الوحدة الخامسة 21

ثانيًا: الإجابات 27

إجابات الاختبار التشخيصي 28

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: خصائص النظام الديناميكي الحراري 31

إجابات تطبيق الدرس الثاني: قوانين الديناميكا الحراريّة 34

إجابات تطبيق الدرس الثالث: المحرّكات الحراريّة 37

إجابات اختبار المهارات العمليّة 40

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي 42

إجابات اختبار الوحدة الخامسة 44

أوّلا: الاختبارات

الاختبار التشخيصي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-9

1. قطعتان معدنيّتان من حديد وألومنيوم، لهما نفس الكتلة والشكل ودرجة الحرارة. أضفنا إلى كلّ قطعة كمّيّة متساوية من الطاقة الحراريّة. أيّ العبارات المتعلّقة بدرجة الحرارة النهائيّة صحيحة؟

	المادة	السعة الحرارية J/kg K
1	الألومنيوم	900
2	الحديد	450

a. $T_1 < T_2$
b. $T_1 = T_2$
c. $T_1 = 2T_2$
d. $T_1 = 3T_2$

2. درجة حرارة حجر جرانيت 20°C وكتلته m وسعته الحراريّة c. ما مقدار الطاقة الحراريّة اللّازمة لمضاعفة درجة حرارته؟

a. $Q = \frac{mc}{20}$
b. $Q = \frac{mc}{2}$
c. $Q = 2\,mc$
d. $Q = 20\,mc$

3. انصهرت كميّة من الثلج عند 0 °C بعد وضع قطعة ساخنة من الحديد عليها عند 80°C. ما درجة حرارة القطعة الحديديّة عند الإتزان الحراريّ؟

a. $T = 0\ °C$
b. $T = 40\ °C$
c. $T = 60\ °C$
d. $T = 80\ °C$

4. أُضيفت طاقة حراريّة إلى قطعة ألومنيوم، فازدادت درجة حرارتها. أيّ العبارات صحيحة إذا تمّت مضاعفة الطاقة الحراريّة المضافة؟

a. تزيد درجة الحرارة مرّتين.

b. تنقص درجة الحرارة مرّتين.

c. يزيد التغيُّر في درجة الحرارة مرّتين.

d. ينقص التغيُّر في درجة الحرارة مرّتين.

5. تمّت إضافة طاقة حراريّة Q لكتلة من الثلج درجة حرارتها $0°C$، فارتفعت إلى $16°C$. ما مقدار هذه الطاقة؟

a. $Q = \frac{1}{16}\, mc$

b. $Q = 16\, mc$

c. $Q < 16\, mc$

d. $Q > 16\, mc$

6. يتمّ استخدام أحد المعادن، ومنها النحاس والألمنيوم في عمليّة تبريد وحدة المعالجة المركزيّة للحاسوب. علمًا أنَّ السعة الحراريّة النوعيّة للنحاس $390\ J/kg°C$ وللألمنيوم $900\ J/kg°C$، أيّ الخيارات الآتية أفضل لعمليّة التبريد؟

a. استخدام مزيج من النحاس والألمنيوم كي نستفيد من خصائصهما معًا.

b. استخدام الألمنيوم، لأنّه يمتصّ حرارة أقلّ بسبب سعته الحراريّة النوعيّة الكبيرة.

c. استخدام النحاس، لأنّ درجة حرارته ترتفع أكثر بسبب سعته الحراريّة النوعيّة القليلة.

d. استخدام الألمنيوم، لأنّه يمتص حرارة أكثر مع مروحة لزيادة التماسّ مع الهواء البارد.

7. ما مقدار الطاقة الحراريّة اللازمة لانصهار مكعب ثلج كتلته $10\ kg$ ودرجة حرارته $0°C$؟ الحرارة الكامنة للانصهار للثلج $L_f = 334\ kJ/kg$.

a. $Q = 3.34\ J$

b. $Q = 3.34 \times 10^3\ J$

c. $Q = 3.34 \times 10^6\ J$

d. $Q = 3.34 \times 10^9\ J$

8. تتحرّك عربة مسافة ما بسرعة معيّنة. إذا تحرّكت العربة لنفس المسافة، ولكن بسرعة مضاعفة، فأيّ العبارات الآتية صحيحة؟

a. يبقى الشغل نفسه ويقل الزمن المطلوب مرّتين.

b. يبقى الشغل المبذول والزمن المطلوب بدون زيادة أو نقصان.

c. يزداد الشغل المبذول مرّتين والزمن المطلوب يقل إلى النصف.

d. يقل الشغل المبذول إلى النصف ويزداد الزمن المطلوب مرّتين.

9. عندما يخرج الغاز من القارورة تتغيّر خصائصه. أيّ العبارات الآتية تعبّر بشكل صحيح عن تغيّرات الغاز لحظة خروجه مباشرة من فتحة القارورة؟

a. يقل ضغط ودرجة حرارة الغاز.

b. يزداد ضغط ودرجة حرارة الغاز.

c. يقل ضغط الغاز وترتفع درجة حرارته.

d. يزداد ضغط الغاز وتقل درجة حرارته.

10. تمّ تسخين 500 g من الماء عند 20 °C حتى تحولت إلى بخار عند 100 °C. علمًا أنَّ السعة الحراريّة النوعيّة للماء 4184 J/kg °C والحرارة الكامنة للتبخير 2430 kJ/kg، ما مقدار الطاقة الحراريّة التي اكتسبها الماء؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الأوّل: خصائص النظام الديناميكي الحراري

الاسم: الصف: التاريخ:

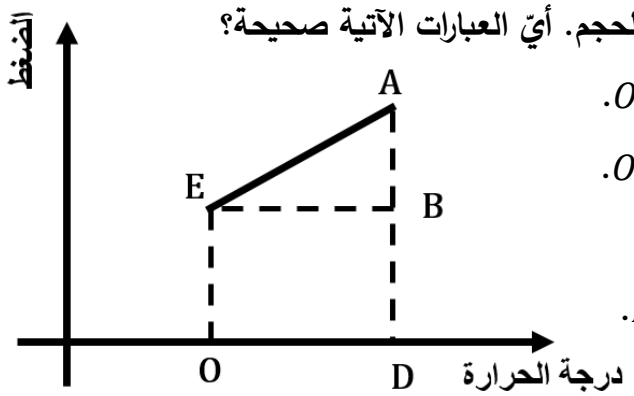
الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4

1. أيّ الأمثلة الآتية نظام معزول؟

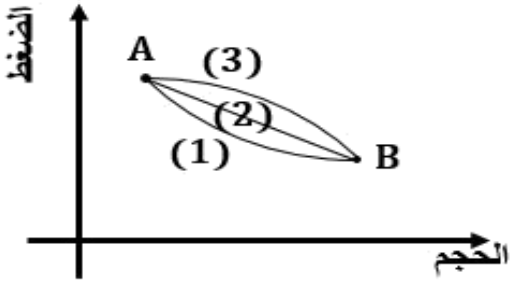
a. قدر الضغط.
b. إبريق الشاي.
c. ثلاجة الرحلات.
d. قارورة عصير مغلقة.

2. تغيّر وضع غاز معيّن من A إلى B مع ثبات الحجم. أيّ العبارات الآتية صحيحة؟



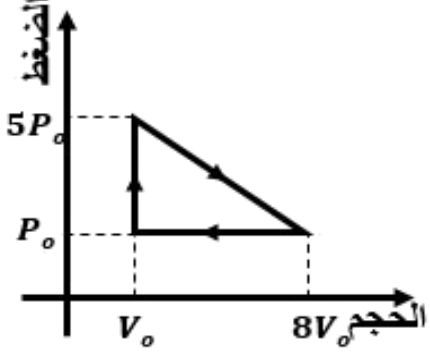
a. الشغل المبذول يساوي مساحة الشكل $OEAD$.
b. الشغل المبذول يساوي مساحة الشكل $OEBD$.
c. الشغل المبذول صفر، لأنَّ الحجم لم يتغير.
d. الشغل المبذول يساوي المسافة من A إلى E.

3. تمددت كتلة من الغاز من الحالة A إلى الحالة B عبر ثلاثة مسارات. أيّ العبارات الآتية صحيحة عن الشغل W_1, W_2 و W_3 الذي يبذله الغاز عبر هذه المسارات؟



a. $W_1 > W_2 > W_3$
b. $W_1 < W_2 < W_3$
c. $W_1 = W_2 = W_3$
d. $W_1 < W_2 = W_3$

4. أيّ العبارات الآتية تمثّل الشغل الكلّيّ للدورة الواحدة؟



a. P_oV_o
b. $14P_oV_o$
c. $21P_oV_o$
d. $27P_oV_o$

5. قطعة نحاس كتلتها $500\ g$ عند درجة حرارة $25°C$. كم ستبلغ حرارتها إذا أضفنا إليها كمّيّة من الطاقة الحراريّة $4\ kJ$ علمًا أنَّ السعة الحراريّة النوعيّة للنحاس $285\ J/kg.^oC$؟

.....

.....

.....

.....

.....

6. أحسب الطاقة الداخليّة لغاز الهيليوم كتلته $500\ g$ عند درجة حرارة $250\ K$، علمًا أنَّ ثابت الغاز $8.371\ JK^{-1}mol^{-1}$ والكتلة المولّيّة للهيليوم $4\ g/mol$.

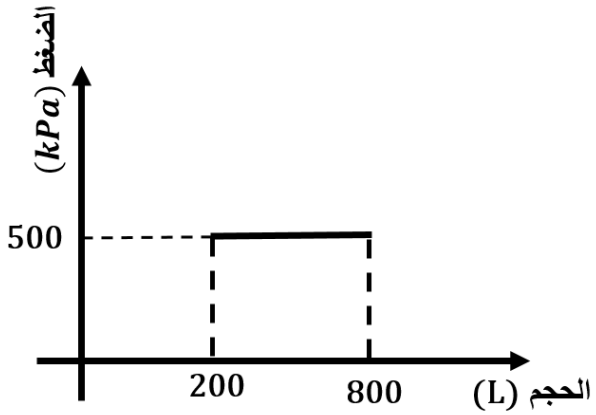
.....

.....

.....

.....

7. الرسم البيانيّ المجاور يمثّل العلاقة بين الضغط والحجم لغاز مثاليّ. أحسب الشغل المبذول.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. تم ضخ 12 L من الهواء عند درجة حرارة 20°C وضغط 102000 Pa داخل كرة حجمها 6 L بدون أيّ تبادل حراري مع المحيط الخارجي. علمًا أنَّ نسبة السعتين الحراريّتين للهواء $\gamma = 1.4$،

a. أحسب الضغط النهائيّ للهواء.

.....

.....

.....

.....

.....

b. أحسب درجة الحرارة النهائيّة.

.....

.....

.....

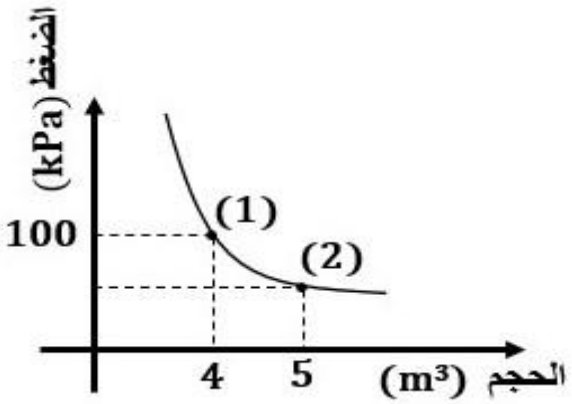
.....

.....

.....

9. الرسم البيانيّ المجاور يبيّن تمدّد الغاز وتغيّر الضغط في عمليّة أيزوثرميّة من نقطة (1) إلى نقطة (2).

أحسب الشغل المبذول بواسطة الغاز في هذه الحالة.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثاني: قوانين الديناميكا الحراريّة

الاسم: الصف: التاريخ:

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4 الدرجة: \ 10

1. أي من القوانين التالية يعتبر حالة خاصّة من القانون الأوّل للديناميكا الحراريّة؟

a. قانون نيوتن.

b. قانون شارل.

c. قانون حفظ الطاقة.

d. قانون التبادل والإتّزان الحراري.

2. انخفضت درجة حرارة 5 مولات من غاز مثالي 2 K تحت ضغط ثابت، ما مقدار الشغل المبذول من قبل الغاز المثالي؟

a. 0

b. $2R$

c. $6R$

d. $10R$

3. حسب القانون الثاني للديناميكا الحراريّة، أيّ العبارات الآتية عن الإنتروبي في العمليّة التلقائيّة، صحيحة؟

a. تزداد.

b. تتناقص.

c. لا تتغيّر.

d. تزداد ثمّ تنقص.

4. أيّ العبارات الآتية صحيحة حسب القانون الثالث للديناميكا الحراريّة؟

a. تزداد الانتروبي في أيّ عمليّة تلقائيّة.

b. عند الصفر المطلق الانتروبي للنظام تساوي صفرًا.

c. التغيّر في الانتروبي لأيّ عنصر يساوي صفرًا.

d. عندما يكون جسمان في حالة اتزان حراريّ مع جسم ثالث، فإنّهما يكونان، أيضًا، أحدهما مع الآخر، في حالة اتزان حراري.

5. إذا اكتسب غاز مثالي طاقة حراريّة 1500 J، يتمدّد تحت تأثير ضغط ثابت مقداره 45 kPa من 20 L إلى 50 L.

a. أحسب الشغل المبذول بواسطة الغاز.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب التغيّر في الطاقة الداخلية للنظام.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. قارورة مياه باردة عند درجة حرارة 4°C اكتسبت طاقة حراريّة 500 J عندما وضعت في غرفة عند 20°C.

a. أحسب تغيّر الإنتروبي للماء.

.....

.....

.....

.....

b. استنتج التغيّر الكليّ للإنتروبي.

.....

.....

.....

.....

7. أضيفت كميّة من الطاقة الحراريّة إلى $2.5\ kg$ من الثلج عند $0°C$ حتّى ارتفعت درجة حرارته إلى $10°C$ علمًا أنَّ الحرارة الكامنة لانصهار الجليد $335\ kJ/kg$ والسعة الحراريّة للماء $4.2\ kJ/kg°C$.

a. أحسب مقدار الطاقة الحراريّة المضافة.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب تغيّر الإنتروبي خلال عمليّة انصهار الثلج.

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثالث: المحرّكات الحراريّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4

1. ما التغيّر الذي يحصل للطاقة الداخليّة للغاز خلال دورة كاملة؟

a. تزداد.
b. لا تتغيّر.
c. تتناقص.
d. تصبح صفرًا.

2. ما مقدار الشغل المبذول بواسطة النظام خلال دورة كاملة؟

a. صفر.
b. لا تعتمد على الطاقة المضافة للنظام.
c. يساوي الطاقة الحراريّة المضافة للنظام.
d. أكبر من الطاقة الحراريّة المضافة للنظام.

3. عندما يعمل محرّك كارنو بين درجتي حرارة T_2 و T_1 بشرط $T_1 > T_2$، أيّ الصيغ الآتية تصف كفاءة دورة كارنو؟

a. $\left(\frac{T_1-T_2}{T_1}\right) \times 100$
b. $\left(\frac{T_2-T_1}{T_2}\right) \times 100$
c. $\left(\frac{T_1-T_2}{T_2}\right) \times 100$
d. $\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \times 100$

4. η هي كفاءة محرّك حراريّ مثاليّ يعمل بين درجتي حرارة T_1 و T_2، ما كفاءة المحرّك عندما تتضاعف درجتا الحرارة؟

a. $\frac{\eta}{2}$

b. η

c. 2η

d. 3η

5. خلال دورة كاملة، يكتسب محرّك حراري 500 J ويبذل شغلًا، ويطرد طاقة حراريّة 300 J إلى الوسط الخارجي. أحسب كفاءة المحرّك الحراري.

.....

.....

.....

.....

.....

6. يعمل محرّك كارنو باستعمال خزان عند درجة حرارة 200°C وخزان تبريد عند 50°C تقريبًا. أحسب كفاءة المحرّك.

.....

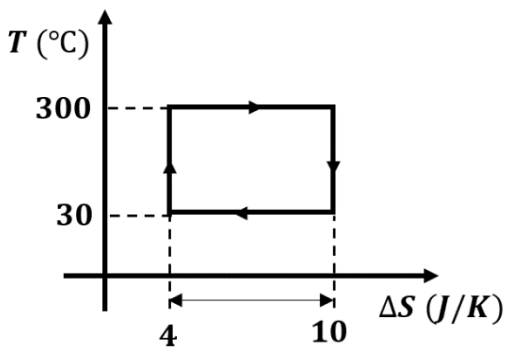
.....

.....

.....

.....

7. الرسم البياني أدناه يمثّل تغيّر درجة الحرارة والإنتروبي لغاز مثاليّ. أحسب الشغل المبذول.



.....

.....

.....

.....

.....

8. محرّك كارنو كفاءته 0.6 ودرجة حرارة الخزّان التبريدي 300 K.

a. أحسب درجة حرارة الخزّان الساخن.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب الطاقة الحراريّة المبذولة خلال دورة واحدة إذا كان المحرّك يبذل شغلًا 300 J خلال الدورة.

.....

.....

.....

.....

.....

c. أحسب كميّة الطاقة الحراريّة المضافة إلى خزان التبريد خلال دورة واحدة.

.....

.....

.....

.....

.....

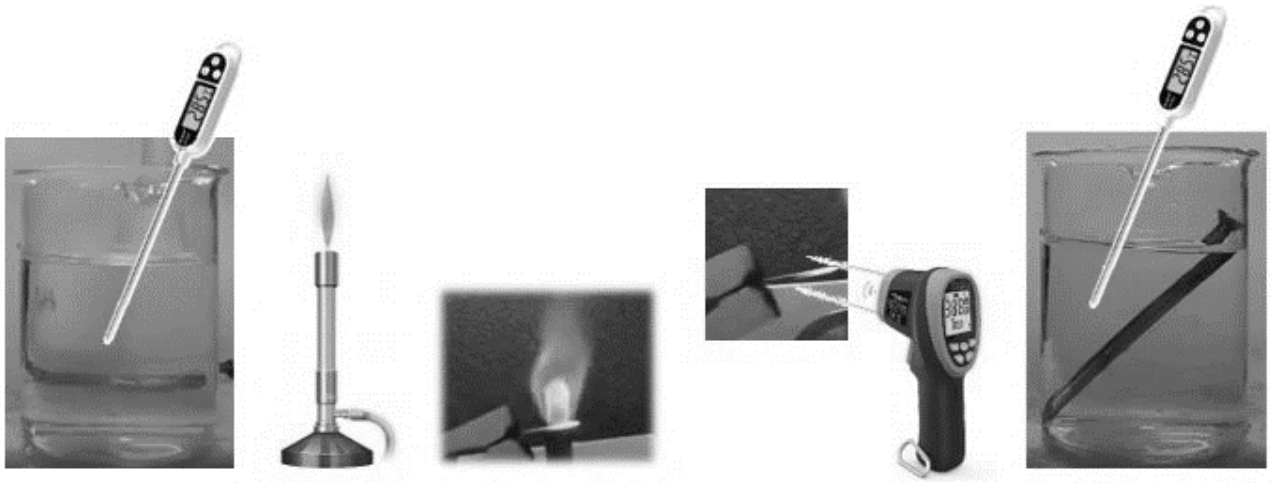
اختبار المهارات العمليّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 5

الدرس الثاني	قوانين الديناميكا الحراريّة
النشاط	الإنتروبي والقانون الثاني للديناميكا الحراريّة
سؤال الاستقصاء	كيف نحسب تغيّر الإنتروبي؟

المواد المطلوبة: قطعة حديد – ميزان حرارة للسوائل – مقياس درجة حرارة المعادن – كوب مياه – موقد بنزن – ملقط – ميزان



(1) (2) (3) (4) (5)

الخطوات

a. املأ الكوب بالماء، ثمّ قِس درجة حرارة المياه T_1.

b. قس كتلة الماء m_1 وكتلة القطعة المعدنيّة m_2 مستخدمًا الميزان.

c. أشعل موقد بنزن حتّى تحمرّ القطعة المعدنيّة، ثمّ قس حرارتها T_2 بشكل سريع بواسطة ميزان حرارة المعادن.

d. ضع القطعة المعدنيّة الساخنة مباشرةً داخل كوب الماء.

e. قس درجة حرارة الماء عند الإتزان الحراري T_f ، أيْ عند ثبات درجة حرارة الماء وقطعة الحديد.

1. سجِّل بيانات القياسات في الجدول الآتي:

$T_1(K)$	$T_2(K)$	T_f	$m_1(kg)$	$m_2(kg)$

2. أحسب الطاقة الحراريّة التي يكتسبها الماء Q_1 وتفقدها قطعة الألمنيوم Q_2 ومتوسط درجة حرارة الماء T_1 والألمنيوم T_2.

.....

.....

.....

.....

3. أحسب تغيّر الإنتروبي للماء.

.....

.....

.....

.....

4. أحسب تغيّر الإنتروبي لقطعة الألمنيوم.

.....

.....

.....

.....

5. استنتج تغيّر الإنتروبي للنظام $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$.

.....

.....

.....

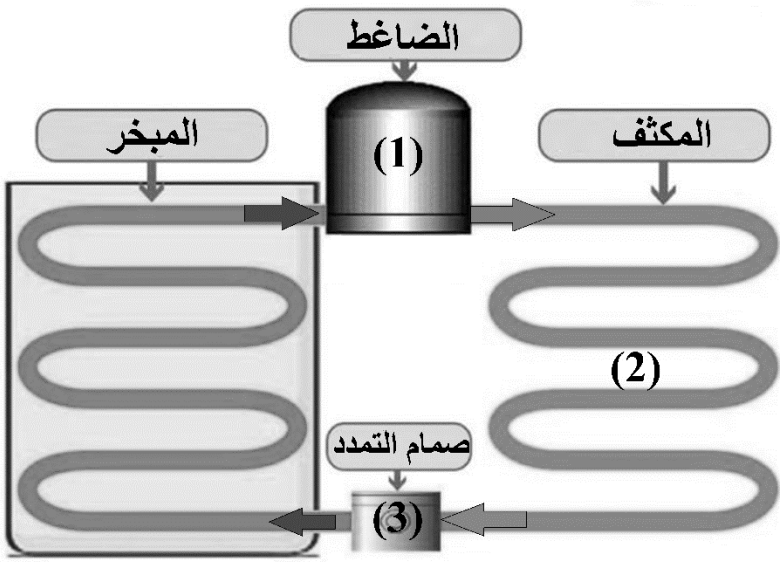
اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 5

الدرس الثالث	المحرّكات الحراريّة
النشاط	الثلاجة
سؤال الاستقصاء	كيف يتمّ تغيير مصدر الطاقة في عملية التبريد؟

الثلاجة: هي آلة تستعمل لحفظ وتبريد الأطعمة والأشربة من خلال المرور بأربع مراحل يتم خلالها ضغط الغاز وتمدده.



(1) يتعرض الغاز للضغط.

(2) يتعرض الغاز المضغوط للتبريد والتكثيف.

(3) يتعرّض الغاز للتمدد.

(4) يتعرض الغاز للتبخير

المتغيّرات في هذه المراحل: درجة حرارة الغاز، ضغط الغاز، حالة الغاز، التبادل الحراري، الطاقة الحراريّة المضافة.

1. من بين المتغيّرات أعلاه، حدّد: المتغيّر

.....

.....

2. ما الناتج في المراحل (1)، (2) و (3)؟

.....

.....

.....

3. اشرح ما يحدث في كل مرحلة (1)، (2) و (3).

.....

.....

.....

4. اقترح طريقة لرفع كفاءة عمل محرك الثلاجة

.....

.....

.....

5. تستعمل الطاقة الكهربائية في تشغيل الضاغط في الثلاجة، اقترح طريقة عملية كي نستبدل الطاقة الكهربائية بأخرى لتشغيل الضاغط؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

اختبار الوحدة الخامسة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: 21\

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1 إلى 8

1. أيّ العبارات الآتية تعبّر بشكل صحيح عن الطاقة الداخليّة للنظام؟

a. متوسّط الطاقة الحركيّة لجُزَيئات النظام.

b. مجموع الطاقة الكامنة لجُزَيئات النظام.

c. مجموع الطاقة الحركيّة لجُزَيئات النظام.

d. مجموع الطاقة الحركيّة والطاقة الكامنة لجُزَيئات النظام.

2. يزداد حجم الغاز من V_1 إلى V_2 تحت ضغط ثابت عندما يفقد النظام طاقة حراريّة Q. أيّ العبارات الآتية تصف الطاقة الداخليّة بشكلٍ صحيح؟

a. تزداد بمقدار غير محدّد.

b. تنقص بمقدار $\Delta U = P(V_2 - V_1)$.

c. تنقص بمقدار $\Delta U = Q + P(V_2 - V_1)$.

d. تبقى هي ذاتها إذا كانت $Q = P(V_1 - V_2)$.

3. كيف تتغيّر الطاقة الداخليّة إذا ازدادت درجة حرارة غاز مثاليّ من 20℃ إلى 100℃؟

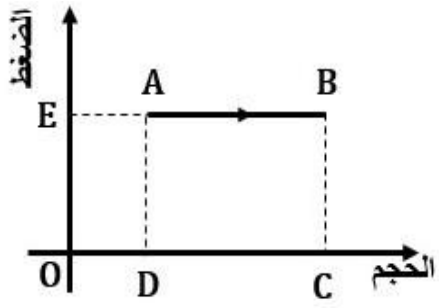
a. $U_2 = \frac{1}{5}U_1$.

b. $U_2 < 5U_1$.

c. $U_2 = 5U_1$.

d. $U_2 > 5U_1$.

4. تغيّر وضع غاز معيّن من A إلى B مع ثبات درجة الحرارة. أيّ العبارات الآتية صحيحة؟



a. الشغل المبذول صفر، لأنَّ الضغط لم يتغيّر.

b. الشغل المبذول يساوي مساحة المستطيل $OEAD$.

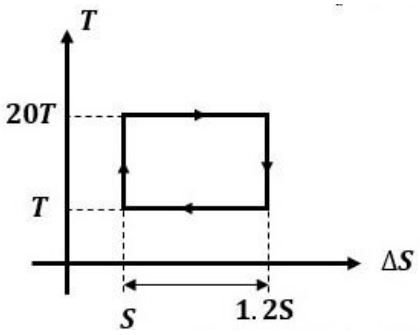
c. الشغل المبذول يساوي مساحة المستطيل $ABCD$.

d. الشغل المبذول يساوي المسافة من A إلى B بسبب تغيّر الحجم.

5. إذا كانت أدنى درجة حرارة محرّك كارنو 400 K، أيّ الخيارت الآتية لدرجة الحرارة النهائيّة يعطينا أكبر كفاءة؟

a. 300 K
b. 400 C
c. 500 K
d. 600 K

6. أيّ العبارات الآتية تمثّل بشكل صحيح الشغل المبذول في الرسم البيانيّ أدناه؟

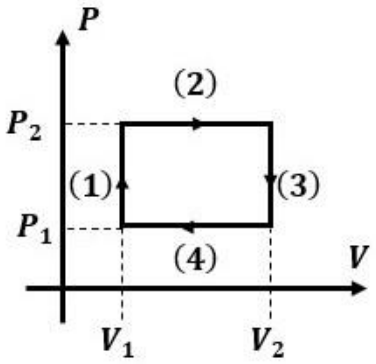


a. $0.2ST$
b. $3.8ST$
c. $24ST$
d. $0.2ST$

7. عندما يعمل محرّك كارنو يكتسب حرارة Q_1 ويفقد حرارة Q_2. أيّ الصيغ الآتية تصف كفاءة دورة كارنو؟

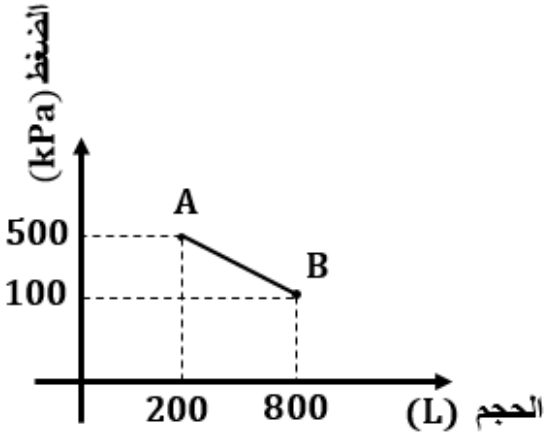
a. $\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100$
b. $\left(\frac{Q_2-Q_1}{Q_2}\right) \times 100$
c. $\left(\frac{Q_1-Q_2}{Q_2}\right) \times 100$
d. $\left(\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}\right) \times 100$

8. أيّ العبارات الآتية صحيحة عن الرسم البياني أدناه لمحرّك كارنو؟



a. (1) يفقد المحرّك طاقة حراريّة و(2) يبذل المحرّك شغلًا.
b. (1) يكتسب المحرّك طاقة حراريّة و(2) يبذل المحرّك شغلًا.
c. (1) يفقد المحرّك طاقة حراريّة و(2) يفقد الحرارة إلى الوسط المحيط.
d. (1) يكتسب المحرّك طاقة حراريّة و(2) يفقد الحرارة إلى الوسط المحيط.

9. الرسم البياني المجاور يمثل تغير الضغط والحجم لغاز مثالي عند ثبات درجة الحرارة. أحسب الشغل المبذول.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. أحسب درجة حرارة مصدر الطاقة إذا كانت كفاءة محرّك كارنو 50% وأدنى درجة حرارة تشغيل 50°C؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. أحسب معدّل تغيّر الإنتروبي لقطعة ثلج كتلتها 1 kg عندما تنصهر وتتحوّل إلى ماء عند درجة الحرارة 0°C. علمًا أنَّ الحرارة الكامنة لانصهار الجليد 335 kJ/kg.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12. يعمل محرّك بكفاءة % 75 لنقل طاقة حراريّة من خزان حرارته مرتفعة وتحويلها إلى طاقة J 1200 في خزان حرارته منخفضة. أحسب مقدار الطاقة المكتسبة.

.....

.....

.....

.....

13. كفاءة محرّك كارنو %50 ودرجة الحرارة القصوى ثابتة K 400. ما مقدار تغيّر درجة الحرارة الدنيا إذا أردنا رفع الكفاءة إلى %60؟

.....

.....

.....

.....

14. محرّك كارنو يستخرج طاقة حراريّة J 1200 من الخزان الساخن. علمًا أنَّه يعمل بين درجتي الحرارة K 400 و K 800.

a. أحسب كفاءة هذا المحرّك.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب الشغل المبذول بواسطة هذا المحرّك.

.....

.....

.....

.....

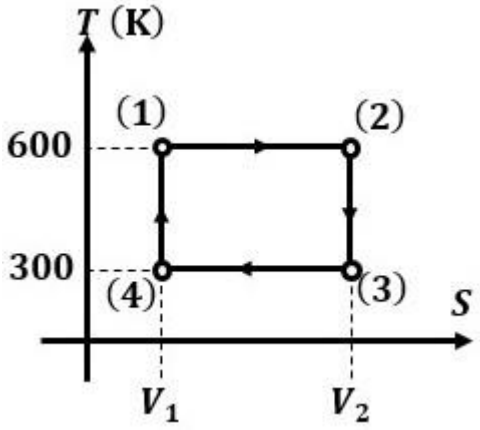
15. محـرّك يحتـوي علـى غـاز مثـاليّ يعمـل بـين درجتـي الحـرارة $127\ ^\circ C$ و $227\ ^\circ C$، يكسـب طاقــة حراريّــة $6 \times 10^4\ J$ علــى درجــة الحــرارة العاليــة. مــا مقــدار الطاقــة الحراريّــة التــي تتحوّل إلى شغل؟

.....

.....

16. يسـمح مخطّـط درجـة الحـرارة – الإنتروبـي أدنـاه بحسـاب الشـغل المبـذول والحـرارة المفقـودة. يتغيّر حجم الغاز كالآتي:

$V_4 = 3\ m^3$ و $V_3 = 6\ m^3$ ، $V_2 = 4\ m^3$ ، $V_1 = 1\ m^3$



a. أحسب الشغل المبذول بواسطة مول واحد من الغاز من (1) إلى (2).

.....

.....

.....

b. استنتج الشغل الكامل المبذول بواسطة مول الغاز.

.....

.....

.....

17. خلال عمليّة تبريد، تمّ ضخ كميّة من غاز التبريد من حجم 2 L ودرجة حرارة 300 K إلى حجم نهائي 5 L وضغط 102 kPa علمًا أنَّ نسبة السعتين الحراريّتين للغاز هي 1.3.

a. أحسب الضغط الابتدائي لغاز التبريد من دون تبادل حراري مع الوسط الخارجي.

.....

.....

.....

b. أحسب درجة الحرارة النهائيّة لغاز التبريد.

.....

.....

.....

c. اقترح طريقة كي تتمّ زيادة فعاليّة المبرّد.

.....

.....

.....

ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1007.2	1	1
2	P1007.2	1	1
3	P1007.3	1	2
4	P1007.2	1	1
5	P1007.2	1	1
6	P1007.2	1	2
7	P1007.3	1	1
8	P1106.1	1	2
9	P1208.1	1	2
10	P1007.3	1	1
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	a. $T_1 < T_2$ من المعادلة $Q = mc\Delta t$ نستنتج أنَّ السعة الحراريّة والتغير الحراري يتناسبان عكسيًّا لذلك: بما أنَّ: $c_1 > c_2$ $\Delta T_1 < \Delta T_2$ $T_1 - T < T_2 - T$ $T_1 < T_2$
2	d. $Q = 20\,mc$ $Q = mc(t_2 - t_1)$ $= mc(40 - 20)$ $= 20\,mc$
3	a. $T = 0\ ℃$ بما أنَّ قطعة الثلج لم تنصهر بالكامل فهذا يعني أنَّ الحرارة ما زالت 0℃.
4	c. يزيد التغيّر في درجة الحرارة مرتين. التغيّر الحراري Δt والطاقة الحراريّة المضافة Q يتناسبان طرديًّا، فإذا ضاعفنا واحدة منها تزداد الأخرى ضعفين.
5	d. $Q > 16mc$ إذا ارتفعت درجة الحرارة $\Delta T = 16 - 0 = 16℃$ فإنَّ الطاقة الحراريّة المطلوبة $16mc$ ومطلوب إضافة كميّة من الطاقة الحراريّة لانصهار الثلج $Q = m \times L_f$ لذلك $Q > 16mc$
6	d. استخدام الألمنيوم، لأنه يمتص حرارة أكثر مع مروحة لزيادة التماس مه الهواء البارد. نستخدم الألمنيوم، لأنّه يمتص حرارة أكثر بسبب سعته الحراريّة النوعيّة الكبيرة والتي تتناسب طرديًّا مع الطاقة الحراريّة إضافة إلى مروحة لزيادة التماسّ مع الهواء البارد.
7	b. $Q = 3.34 \times 10^6\ \text{J}$ $Q = mL_f$ $= 10 \times 334$ $= 3340\ \text{kJ}$ $= 3.34 \times 10^6\ \text{J}$

8	a. يبقي الشغل نفسه ويقل الزمن المطلوب مرتين. $W = F \times d$ $= F \times v \times t$ عندما تتحرّك نفس العربة لنفس المسافة فإنَّ الشغل المبذول لا يتغيّر، فإذا ازدادت السرعة ينقص الزمن المطلوب، لأنّ السرعة والزمن يتناسبان عكسيًّا.
9	a. يقل ضغط ودرجة حرارة الغاز عندما يخرج الغاز من القارورة يقل الضغط، بحيث يصبح مساويًا للضغط الجويّ، وبما أنَّ الضغط والحرارة يتناسبان طرديًّا، فإنّ درجة حرارة الغاز تقل أيضًا.
10	$Q = mc\Delta T + mL_v$ $= 0.5 \times 4184 \times 80 + 0.5 \times 2430000$ $= 167360 + 1215000$ $= 1382360\ \text{J}$

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: ديناميكا الموائع

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1209.1	1	1
2	P1209.1	1	1
3	P1209.1	1	1
4	P1209.2	1	2
5	P1209.1	1	1
6	P1209.2	1	1
7	P1209.1	1	2
8a	P1209.2	1	1
8b	P1209.2	1	2
9	P1209.2	1	1
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	c. ثلاجة الرحلات. ثلاجة الرحلات هي نظام معزول، لأنَّه لا يتبادل الحرارة ولا المادة مع المحيط الخارجي بعكس ابريق الشاي وقدر الضغط وقارورة العصير.
2	c. الشغل المبذول صفر، لأنَّ الحجم لم يتغير.
3	b. $W_1 < W_2 < W_3$ الشغل المبذول يساوي المساحة تحت الرسم البياني والمساحة تحت الرسم (3) هي الأكبر، ثم الرسم (2) ثم (1).
4	b. $14P_0V_0$ الشغل الكلي للدورة الواحدة يساوي المساحة الداخليّة للدورة، ما يعني أنّ مساحة المثلّث قاعدته: $8V_0 - V_0 = 7V_0$ وارتفاعه: $5P_0 - P_0 = 4P_0$ مساحته: $W = \frac{7V_0 \times 4P_0}{2} = 14P_0V_0$
5	$Q = mc\Delta T$ $\Delta T = \frac{Q}{mc}$ $= \frac{4000}{0.5 \times 285}$ $= 28.1\ ℃$ $\Delta T = T_2 - T_1$ $T_2 = \Delta T + T_1$ $= 28.1 + 25$ $= 53.1\ ℃$
6	$U = \frac{3}{2}nRT$ $= \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT$ $= \frac{3}{2} \times \frac{0.5}{4} \times 8.371 \times 250$ $= 392.4\ \mathrm{J}$

7	الشغل المبذول يساوي المساحة تحت الرسم البياني وهو عبارة عن مستطيل. الطول: $500\ \text{kPa} = 500000\ \text{Pa}$ العرض: $800 - 200 = 600\ \text{L} = 0.6\ \text{m}^3$ $W = 500000 \times 0.6 = 300000\ \text{J}$
8a	$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$ $P_2 = \frac{P_1V_1^{\gamma}}{V_2^{\gamma}} = 102000 \times \frac{0.012^{1.4}}{0.006^{1.4}}$ $= 102000 \times 2^{1.4}$ $= 269179.6\ \text{Pa}$
8b	$PV = nRT$ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ $T_2 = \frac{P_2V_2T_1}{P_1V_1}$ وبما أنَّ $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$ إذًا: $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1^{\gamma}}{V_2^{\gamma}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$ $T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \times \frac{V_2T_1}{V_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \times \frac{{V_1}^{-1}T_1}{{V_2}^{-1}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$ $= \left(\frac{0.012}{0.006}\right)^{0.4} \times 293$ $= 386.6\ \text{K}$
9	$W = nRT\ ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ وبما أنَّ : $P_1V_1 = nRT$ $W = P_1V_1\ ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 100000 \times ln\frac{5}{4}$ $= 22314.4\ \text{J}$

إجابات تطبيق الدرس الثاني: قوانين الديناميكا الحراريّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1210.1	1	1
2	P1210.3	1	1
3	P1210.2	1	1
4	P1210.2	1	1
5a	P1210.3	1	1
5b	P1210.2	1	2
6a	P1210.2	1	1
6b	P1210.2	1	2
7a	P1210.2	1	1
7b	P1210.2	1	1
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	c. قانون حفظ الطاقة. القانون الأوّل للديناميكا الحراريّة هو قانون حفظ الطاقة المطبّق على العمليات التي تشتمل على الطاقة الحراريّة.
2	d. $10R$ الشغل عند ثبات الضغط: $W = P\Delta V$ $W = P(V_2 - V_1)$ $= PV_2 - PV_1$ $= nRT_2 - nRT_1$ $= nR(T_2 - T_1)$ $W = 5R \times 2$ $= 10R$
3	a. تزداد. حسب القانون الثاني للديناميكا الحراريّة فإنَّ الإنتروبي الكليّة للنظام تزداد دائمًا في أيّ عمليّة تلقائيّة.
4	b. عند الصفر المطلق الانتروبي للنظام تساوي صفراً. يبيّن القانون الثالث للديناميكا الحراريّة أنّ الصفر المطلق هو أدنى درجة حرارة ممكنة، وعندها يكون إنتروبي النظام صفرًا.
5a	$W = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$ $= 45000 \times (0.05 - 0.02)$ $= 45000 \times 0.03$ $= 1350\ \text{J}$
5b	$\Delta U = Q - P\Delta V$ $\Delta U = Q - P\Delta V = 1500 - 1350$ $= 150\ \text{J}$

$T_K = T_C + 273$ $= 4 + 273$ $= 277\ \text{K}$ $\Delta S_1 = \frac{Q}{T} = \frac{500}{277}$ $= 1.8\ \text{J/K}$	**6a**
بما أنَّ الهواء فقد كميّة من الطاقة الحراريّة لذلك $Q < 0$ $\Delta S_2 = \frac{Q}{T} = \frac{-500}{293}$ $= -1.7\ \text{J/K}$ التغيّر الكليّ للإنتروبي: $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ $= 1.8 - 1.7$ $= 0.1\ \text{J/K}$	**6b**
$Q = ml_f + mc\Delta T$ $Q = 2.5 \times 335000 + 2.5 \times 4200 \times 10$ $= 938300\ \text{J}$	**7a**
تغيّر الإنتروبي خلال عمليّة انصهار الثلج: $\Delta S = \frac{Q}{T}$ الطاقة الحراريّة المطلوبة لانصهار الثلج: $Q = ml_f = 2.5 \times 335000$ $= 837500\ \text{J}$ $\Delta S = \frac{837500}{273}$ $= 3067\ \text{J/K}$	**7b**

إجابات تطبيق الدرس الثالث: المحرّكات الحراريّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1210.4	1	1
2	P1210.3	1	1
3	P1210.4	1	1
4	P1210.4	1	2
5	P1210.4	1	2
6	P1210.4	1	1
7	P1210.4	1	1
8a	P1210.4	1	2
8b	P1210.4	1	1
8c	P1210.4	1	1
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	b. لا تتغير. محصّلة التغيير في الطاقة الداخليّة للغاز في أيّ دورة كاملة تساوي صفرًا، لذلك فإنَّ الطاقة الداخليّة للغاز لا تتغيّر.
2	c. يساوي الطاقة الحرارية المضافة للنظام. محصّلة التغيير في الطاقة الداخليّة للغاز في أيّ دورة كاملة تساوي صفرًا: $\Delta U = 0$ $\Delta U = Q - U$ $0 = Q - U$ $Q = U$
3	a. $\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100$ الكفاءة $= \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100 = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100$
4	b. η إذا كانت $T_2 > T_1$ فإنَّ الكفاءة تساوي: $\eta = \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$ إذا ضاعفنا درجتي الحرارة فإنَّ الكفاءة: الكفاءة $= \frac{2T_2 - 2T_1}{2T_2} = \frac{2(T_2 - T_1)}{2T_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$ لذلك فإنَّ الكفاءة لا تتغيّر.
5	الكفاءة: $\eta = 1 - \frac{Q_{Out}}{Q_{in}}$ $= 1 - \frac{300}{500}$ $= 1 - \frac{3}{5}$ $= 1 - 0.6$ $= 0.4$ كفاءة المحرّك الحراري تساوي 40% ما يعني أنَّ المحرّك يحوّل فقط 40% من الطاقة الحراريّة إلى شغل.

$T_1 = 50 + 273$ $= 323\ \text{K}$ $T_2 = 200 + 273$ $= 473\ \text{K}$ $\eta = \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = 1 - \frac{323}{473}$ $= 1 - 0.68$ $= 0.32 = 32\%$	**6**
الشغل المبذول يساوي المساحة داخل المستطيل على مخطّط درجة الحرارة–الإنتروبي لدورة كارنو: $W = Q_{in} - Q_{out}$ $= T_2\Delta S - T_1\Delta S$ $= (T_2 - T_1)\Delta S$ $= (300 - 30)(10 - 4)$ $= 270 \times 6 = 1620\ \text{J}$	**7**
$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ $0.6 = 1 - \frac{300}{T_2}$ $\frac{300}{T_2} = 1 - 0.6$ $T_2 = \frac{300}{0.4} = 750\ \text{K}$	**8a**
$\eta = \frac{W}{Q_{in}}$ $Q_{in} = \frac{W}{\eta} = \frac{300}{0.6}$ $= 500\ \text{J}$	**8b**
$W = Q_{in} - Q_{out}$ $Q_{out} = Q_{in} - W$ $= 500 - 300$ $= 200\ \text{J}$	**8c**

إجابات اختبار المهارات العمليّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1210.1	1	1
2	P1210.2	1	2
3	P1210.2	1	1
4	P1210.2	1	1
5	P1210.2	1	1
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1	البيانات في الجدول (قيم افتراضيّة للبيانات): $T_1(K)$ = 293, $T_2(K)$ = 523, T_f = 296, $m_1(kg)$ = 0.8, $m_2(kg)$ = 0.1
2	الطاقة الحراريّة التي يكتسبها الماء بحسب القيم الإفتراضيّة: $Q_1 = m_1 c_1 \Delta t_1 = 0.8 \times 4186 \times 3 = 10046.4$ J الطاقة الحراريّة التي تفقدها قطعة الألمنيوم حسب القيم الإفتراضيّة: $Q_2 = m_2 c_2 \Delta t_2 = -0.1 \times 450 \times 227 = -10215$ J ومتوسط درجة حرارة الماء حسب القيم الإفتراضيّة: $T_{1(Av)} = \frac{T_1 + T_f}{2}$ $= \frac{293+296}{2} = \frac{589}{2} = 294.5$ K ومتوسط درجة حرارة الألمنيوم حسب القيم الافتراضية: $T_{2(Av)} = \frac{T_2 + T_f}{2}$ $= \frac{523+296}{2} = \frac{819}{2} = 409.5$ K
3	تغير الإنتروبي للماء اعتمادًا على المعادلة حسب القيم الافتراضية: $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_{1(Av)}}$ $= \frac{10046.4}{294.5} = 34.1$ J/K
4	تغيّر الإنتروبي لقطعة الألمنيوم اعتمادًا على المعادلة حسب القيم الافتراضية: $\Delta S_2 = \frac{Q_2}{T_{2(Av)}}$ $= \frac{-10215}{409.5} = -24.9$ J/K
5	تغيّر الأنتروبي للنظام حسب القيم الافتراضية: $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ $= 34.1 - 24.9 = 9.2$ J/K

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1210.1	1	1
2	P1210.3	1	1
3	P1210.2	1	2
4	P1210.3	1	2
5	P1210.2	1	2
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1	المتغيّرات الثابتة: اتجاه التبادل الحراري. المتغيّرات المستقلّة: حالة الغاز. المتغيّرات التابعة: درجة حرارة الغاز – ضغط الغاز – الطاقة الحراريّة المضافة.
2	في المرحلة (1) يتم ضغط الغاز. في المرحلة (2) يتم تكثيف الغاز. في المرحلة (3) يتم تمدد الغاز.
3	في المرحلة (1) يتعرض الغاز المبخر الجاف للضغط وترتفع درجة حرارته، ويتم ضخ الغاز المضغوط والساخن جداً إلى المكثف. في المرحلة (2) يدخل الغاز إلى أنابيب المكثّف التي هي بتماس مباشر مع المحيط الخارجي (هواء المطبخ)، ويتم التبادل الحراري وتنتقل الحرارة من الغاز إلى المحيط الخارجي، فيبرد الغاز الساخن ويتكثف ويتحول إلى غاز سائل ومضغوط. في المرحلة (3) يدخل الغاز السائل إلى صمام التمدد، حيث يقلّ الضغط بشكل مفاجئ، وتقل معه درجة حرارة الغاز كثيرا ليصبح بارداً وأقل بكثير من درجة حرارة المحيط، وينتقل الغاز البارد جداً إلى أنابيب الثلاجة كي يكتسب الحرارة من الأطعمة والأشربة داخل الثلاجة.
4	ممكن أن نرفع كفاءة عمل الثلاجة من خلال عدة اجراءات عملية، منها وضع الثلاجة في مكان بعيد عن الشمس أو الحرارة، وابقاء باب الثلاجة مقفلاً قدر الإمكان، وملء الثلاجة بالأطعمة والأشربة.
5	إذا أدرنا تشغيل الضاغط بدون طاقة كهربائية، يمكن أن نستفيد من احتراق الغاز أو النفط، حيث يتم زيادة ضغط الغاز بتسخينه.

إجابات اختبار الوحدة الخامسة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	1209.2	1	1
2	1210.1	1	1
3	1209.1	1	1
4	1209.2	1	2
5	1210.4	1	2
6	1210.2	1	1
7	1210.4	1	1
8	1210.1	1	1
9	1209.2	1	2
10	1210.2	1	1
11	1210.2	1	1
12	1210.4	1	1
13	1210.4	1	2
14a	1210.4	1	1
14b	1210.3	1	1
15	1210.4	1	2
16a	1210.3	1	1
16b	1210.3	1	1
17a	1210.3	1	1
17b	1210.3	1	1
17c	1210.3	1	3
المجموع		**21**	

- **الإجابات**

1	d. مجموع الطاقة الحراريّة والطاقة الكامنة لجُزَيئات النظام. الطاقة الداخليّة للنظام ناتجة عن الطاقة الناتجة عن كامل جُزَيئاته، لذلك، فهي مجموع الطاقة الحراريّة والطاقة الكامنة لكلّ جُزَيئات النظام.
2	c. تنقص بمقدار $Q + P(V_2 - V_1)$ تنقص الطاقة الداخليّة عندما تفقد طاقة حراريّة لذلك: $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ $= -Q - P(V_2 - V_1)$ $= -[Q + P(V_2 - V_1)]$ لذلك فإنَّ الطاقة الداخليّة تتناقص بمقدار $Q + P(V_2 - V_1)$
3	b. $U_2 < 5U_1$ علاقة درجة الحرارة والطاقة الداخليّة عند حجم ثابت هي: $U = \frac{3}{2}nRT$ $\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{3}{2}nRT_2}{\frac{3}{2}nRT_1} = \frac{273 + 100}{273 + 20}$ $= \frac{373}{293}$ $= 1.27$ $U_2 = 1.27U_1$ إذًا تزداد الطاقة الداخليّة بنسبة أقلّ من 5 مرات.
4	c. الشغل المبذول يساوي مساحة المستطيل $ABCD$. الشغل المبذول يساوي مساحة المستطيل تحت الرسم البياني أي مساحة المستطيل $ABCD$.
5	d. 600 K معادلة كفاءة محرك كارنو: $\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ لذلك، فإنَّنا نحصل على أعلى كفاءة ممكنة عندما يكون $\frac{T_1}{T_2}$ أصغر شيء ممكن يعني T_2، يجب أن تكون أكبر درجة حرارة ممكنة وهي 600 K.

6	b. $3.8ST$ الشغل المبذول يساوي مساحة المستطيل على مخطط درجة الحرارة–الإنتروبي لدورة كارنو: $W = (1.2S - S)(20T - T)$ $= 0.2S \times 19T$ $= 3.8ST$
7	d. $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$ الحرارة المكتسبة أكبر من الحرارة المفقودة للنظام، لذلك فإنَّ الكفاءة: $\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$
8	b. (1) يكتسب المحرّك طاقة حراريّة و(2) يبذل المحرّك شغلًا. في المرحلة (1) يزداد الضغط ضمن حجم ثابت فترتفع درجة حرارة الغاز، عندها يكتسب المحرّك طاقة حراريّة. في المرحلة (2) يزداد الحجم تحت ضغط ثابت فيبذل المحرّك شغلًا.
9	الشغل المبذول يساوي $W = P\Delta V$ أو المساحة تحت الرسم البياني وهو عبارة عن مثلث ومستطيل او شبه منحرف. $W_1 = \frac{1}{2} \times 0.6 \times 400000$ $= 120000\ J$ $W_2 = 0.6 \times 400000$ $= 240000\ J$ $W = W_1 + W_2 = 360000\ J$
10	$T_1 = 50 + 273 = 323\ \text{K}$ $\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ $0.5 = 1 - \frac{323}{T_2}$ $\frac{323}{T_2} = 1 - 0.5$ $\frac{323}{T_2} = 0.5$ $T_2 = \frac{323}{0.5} = 646\ \text{K}$ $T_2 = 646 - 273$ $= 373℃$

11	معادلة تغيّر الإنتروبي: $\Delta S = \frac{Q}{T}$ $Q = m \times L_f = 1 \times 335 = 335 \text{ kJ}$ $\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{335}{273} = 1.2 \text{ kJ/K}$
12	$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ $\frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \eta$ $Q_1 = \frac{Q_2}{(1-\eta)}$ $Q_1 = \frac{1200}{(1-0.75)} = \frac{1200}{0.25} = 4800 \text{ J}$
13	$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ $0.5 = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ $\frac{T_1}{T_2} = 1 - 0.5$ $= 0.5$ $T_1 = 0.5T_2$ لزيادة الكفاءة يجب تقليل T_1 $0.6 = 1 - \frac{T_1 - x}{T_2}$ $\frac{T_1 - x}{T_2} = 1 - 0.6 = 0.4$ ولكن: $T_1 = 0.5T_2$ نعوض T_1 بالمعادلة الأخيرة: $\frac{0.5T_2 - x}{T_2} = 0.4$ $0.4T_2 = 0.5T_2 - x$ $x = 0.1T_2$ $x = 0.1 \times 400$ $= 40 \text{ K}$

$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$ $\eta = 1 - \frac{400}{800}$ $= 1 - 0.5$ $= 0.5$	**14a**
$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$ $0.5 = 1 - \frac{Q_1}{1200}$ $\frac{Q_1}{1200} = 1 - 0.5$ $= 0.5$ $Q_1 = 0.5 \times 1200$ $= 600$ J $W = Q_2 - Q_1$ $= 1200 - 600 = 600$ J	**14b**
$T_1 = 127 + 273 = 400\ K$ $T_2 = 227 + 273 = 500$ K $\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{400}{500} = 0.2$ $\eta = \frac{W}{Q}$ $W = \eta \times Q$ $= 0.2 \times 6 \times 10^4$ $= 12$ kJ	**15**
الشغل المبذول في العملية الأيزوثرمية حيث يتغير الضغط والحجم عند ثبات درجة الحرارة: $W_{(1,2)} = nRT\ ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 1 \times 8.371\ ln\frac{4}{1} = 8.371 \times 1.38 = 11.6$ J	**16a**
$W_{(3,4)} = -nRT\ ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right) = -1 \times 8.371\ ln\frac{6}{3} = -8.371 \times 0.69 = -5.8$ J $W = W_{(1,2)} + W_{(3,4)}$ $= 11.6 - 5.8 = 5.8$ J	**16b**

$PV^{\gamma} = nRT =$ ثابت $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} =$ ثابت $P_1 = \frac{P_2V_2^{\gamma}}{V_1^{\gamma}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} \times P_2$ $= \left(\frac{5}{2}\right)^{1.3} \times 102000$ $= 335677.5\ Pa$	**17a**
$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ $T_2 = \frac{P_2V_2T_1}{P_1V_1}$ $= \frac{102000 \times 5 \times 300}{335677.5 \times 2}$ $= 227.9\ K$	**17b**
$T_2 = \frac{P_2V_2T_1}{P_1V_1}$ $T_2 = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} \times T_1$ $= \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \times \frac{V_2}{V_1} \times T_1$ $= \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$ لذلك إذا أردنا تقليل الحرارة علينا تغيير المؤثّرات، مثلًا: 1. زيادة الضغط الابتدائي باستعمال ضاغط أقوى، فلا نستطيع تغيير الضغط النهائي، لأنّه يساوي الضغط الجوي تقريبًا. 2. استعمال غاز ذي نسبة السّعتين الحراريّتين أكبر.	**17c**