# 1 درجة الحرارة والتمدد الحراري

# Temperature and Thermal Expansion

ww.utebooks.com

جدول ( 1 . 1 )

معامل التمدد الطولي والحجمي لبعض المواد

| المواد الصلبة | $\alpha\ (^{\circ}C^{-1})$ | المواد السائلة | $\beta\ (^{\circ}C^{-1})$ |
|---|---|---|---|
| الثلج | $5.1 \times 10^{-5}$ | البنزين | $12.4 \times 10^{-4}$ |
| الرصاص | $2.9 \times 10^{-5}$ | الكحول | $11.2 \times 10^{-4}$ |
| ألومنيوم | $2.4 \times 10^{-5}$ | جلسرين | $4.85 \times 10^{-4}$ |
| النحاس الأصفر | $1.9 \times 10^{-5}$ | الماء | $2.1 \times 10^{-4}$ |
| النحاس | $1.7 \times 10^{-5}$ | الزئبق | $1.8 \times 10^{-4}$ |
| الفولاذ " الحديد " | $1.2 \times 10^{-5}$ | | |
| الأسمنت | $1.2 \times 10^{-5}$ | | |

ww.utebooks.com

مسألة رقم (1.1)

حول درجات الحرارة التالية الى التدريج المئوي :

أ- 374 °F ب- 18 °F

ج- -155 °F د- 0.0 °F

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$T_c = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$$

أ-
$$T_c = \frac{5}{9}(374 - 32)$$
$$= 190\ ^\circ C$$

ب-
$$T_c = \frac{5}{9}(18 - 32)$$
$$= -7.78\ ^\circ C$$

ج-
$$T_c = \frac{5}{9}(-155 - 32)$$
$$= -103.89\ ^\circ C$$

د-
$$T_c = \frac{5}{9}(0.0 - 32)$$
$$= -17.78\ ^\circ C$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (1.2)

حول درجات الحرارة التالية الى التدريج الفهرنهايتي :

أ- $100\ ^\circ C$ ب- $74\ ^\circ C$

جـ- $-18\ ^\circ C$ د- $-239\ ^\circ C$

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$T_F = \frac{9}{5} T_c + 32^\circ$$

أ-

$$T_F = \frac{9}{5}(100) + 32$$
$$= 212\ ^\circ F$$

ب-

$$T_F = \frac{9}{5}(74) + 32$$
$$= 165.2\ ^\circ F$$

جـ-

$$T_F = \frac{9}{5}(-18) + 32$$
$$= -0.4\ ^\circ F$$

د-

$$T_F = \frac{9}{5}(-239) + 32$$
$$= -398.2\ ^\circ F$$

مسألة رقم (1.3)

حول درجات الحرارة التالية الى تدريج كلفن :

أ- $220\ ^\circ C$ ب- $-149\ ^\circ C$

جـ- $150\ ^\circ F$ د- $-47\ ^\circ F$

ww.utebooks.com

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$T = T_c + 273^*$$

أ- $T = 220 + 273$

$= 493 \ K$

ب- $T = -149 + 273$

$= 124 \ K$

ج- لتحويل درجة الحرارة من التدريج الفهرنهايتي الى تدريج كلفن، علينا أولا تحويلها الى التدريج المئوي، ثم نضيف اليها (273 °C).

$$T_c = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$$

$= \frac{5}{9}(150 - 32)$

$= 65.56 \ ^\circ C$

$T = 65.56 + 273$

$= 338.56 \ K$

د- $T_c = \frac{5}{9}(-47 - 32)$

$= -43.89 \ ^\circ C$

$T = -43.89 + 273 = 316.89 \ K$

* أعتبرنا أن درجة الصفر المطلق = (-273 °C) بدلا من (-273.15 °C)، للتسهيل

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.4)

ماهي درجة الحرارة التي تتساوى عندها قراءة كل من :

أ- التدريج المئوي والتدريج الفهرنهايتي.

ب- تدريج كلفن والتدريج الفهرنهايتي.

ج- التدريج المئوي وتدريج كلفن.

الحل :

أ-

$$T_C = T_F$$

$$T_C = \frac{9}{5} T_C + 32$$

$$-\frac{4}{5} T_C = 32$$

$$T_C = -40\ ^\circ C = -40\ ^\circ F$$

ب-

$$T = T_F$$

$$= \frac{9}{5} T_C + 32$$

$$= \frac{9}{5} (T - 273) + 32$$

$$5T = 9(T - 273) + 160$$

$$-4T = -2457 + 160$$

$$T = 574.25\ K = 574.25\ ^\circ F$$

ج-

$$T = T_C$$

$$= T - 273$$

ومنها نجد أن ( $0 = -273$ )، وهي اجابة غير معقولة، مما يعني أنه لا توجد درجة حرارة يتساوى عندها التدريجان.

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.5)

أوجد درجة الحرارة التي يتساوى فيها التدريج المئوى والتدريج الفهرنهايتي في المقدار ويختلفان في الاشارة.

الحل :

$$T_F = -T_C$$

$$= -\frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$$

$$9T_F = -5T_F + 160$$

$$14T_F = 160$$

$$T_F = 11.429^\circ F = -11.429^\circ C$$

مسألة رقم (1.6)

أوجد درجة الحرارة التي يكون فيها التدريج الفهرنهايتي ضعف التدريج المئوى.

الحل :

$$T_F = 2T_C$$

$$= 2\left[\frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)\right]$$

$$9T_F = 10T_F - 320$$

$$T_F = 320^\circ F$$

مسألة رقم (1.7)

درجة حرارة الانسان السليم على التدريج المئوى ($37^\circ C$). حول هذه الدرجة الى تدريج كلفن والى التدريج الفهرنهايتي.

www.utebooks.com

الحـــل :

$$T = T_c + 273$$
$$= 37 + 273 = 310\ K$$

$$T_F = \frac{9}{5} T_c + 32^\circ$$
$$= \frac{9}{5}(37) + 32$$
$$= 98.6\ ^\circ F$$

مسألة رقم (1.8)

اذا أرتفعت درجة حرارة جسم من (104°F) الى (248°F)، أوجد مقدار التغير فى درجة الحرارة على التدريجين المئوى والكلفن.

الحـــل :

نجد أولا درجة الحرارة على التدريج المئوى باستخدام العلاقة :

$$T_c = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$$
$$T_c = \frac{5}{9}(104 - 32^\circ) = 40^\circ C$$
$$T_c = \frac{5}{9}(248 - 32) = 120^\circ C$$

فيكون الفرق فى درجتى الحرارة على التدريج المئوى :

$$120 - 40 = 80^\circ C$$

ويكون الفرق فى درجتى الحرارة على تدريج كلفن :

$$(120 + 273) - (40 + 273) = 80\ K$$

نلاحظ أن الفرق فى درجتى الحرارة على التدريجين المئوى والكلفن متساو .

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.9)

اذا كان ضغط الترمومتر الغازى ذى الحجم الثابت (5 cm Hg)* عند النقطة الثلاثية للماء (0.0 °C)** ، أوجد قراءة الضغط عند نقطة غليان الماء.

الحل :

يتناسب الضغط طرديا مع درجة الحرارة ، أى أن :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

حيث ($T_1$) و ($T_2$) مقاستان بالكلفن ،

$$\frac{5}{P_2} = \frac{(0 + 273)}{(100 + 273)}$$

$$P_2 = 6.83 \text{ cm Hg}$$

مسألة رقم (1.10)

اذا كان ضغط غاز الهيليوم فى الترمومتر الغازى عند النقطة الثلاثية للماء (0.0 °C) هو (1440 Pa) ، أوجد :

أ- ضغط الغاز عند درجة الحرارة (690 K).

ب- درجة الغليان لسائل اذا كان ضغطه (400 Pa).

الحل :

أ-

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

* عمود من الزئبق طوله (5 cm).

** النقطة الثلاثية : هى درجة الحرارة التى يتواجد فيها الماء فى الحالات الصلبة والسائلة والغازية.

www.utebooks.com

$$\frac{1440}{P_2} = \frac{(0.0+273)}{690}$$

$$P_2 = 3639.6 \text{ Pa}$$

ب-

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{1440}{400} = \frac{(0.0+273)}{T_2}$$

$$T_2 = 75.8 \text{ K} = -197.2 \text{ °C}$$

---

مسألة رقم (1.11)

اذا كان الضغط في التروموتر الغازي ($0.7 \times 10^5$ Pa) عند (100 °C)، أوجد:

أ- درجة الحرارة عندما يكون الضغط ($0.04 \times 10^5$ Pa).

ب- الضغط عند (450 °C).

---

الحل:

أ-

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{(0.7 \times 10^5)}{(0.04 \times 10^5)} = \frac{(100+273)}{T_2}$$

$$T_2 = 21.3 \text{ K} = -251.7 \text{ °C}$$

ب-

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

www.utebooks.com

$$\frac{(0.7\times10^{5})}{P_2} = \frac{(100+273)}{(450+273)}$$

$$P_2 = 1.36\times10^{5}$$

---

مسألة رقم (1.12)

ساق نحاسية* طولها (140 cm) عند درجة حرارة (20°C). أوجد مقدار الزيادة في الطول، وطولها النهائي عند (72 °C)

---

الحل :

من العلاقة :

$$\Delta l = \alpha\, l_0\, \Delta T$$

$$\Delta l = 1.7\times10^{-5}\times 140\times (72-20)$$

$$= 0.124 \text{ cm}$$

ويكون الطول النهائي للساق:

$$l = l_0 + \Delta l$$

$$= 140 + 0.124$$

$$= 140.124 \text{ cm}$$

ونستطيع أيضا أن نجد الطول النهائي للساق من العلاقة :

$$l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$= 140[(1 + 1.7\times10^{-5} (72-20)]$$

$$= 140.124 \text{ cm}$$

---

* تجد معامل التمدد الطولي لبعض المواد في الجدول (1.1)

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.13)

ساعة معدنية طولها (83.17 cm) عند درجة حرارة (12°C)، وطولها عند درجة حرارة (52°C) كان (83.27cm)، أوجد معامل التمدد الطولي للمعدن.

الحل:

نجد (α) من العلاقة:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

$$(83.27 - 83.17) = \alpha [83.17 (52 - 12)]$$

$$0.10 = 3326.8 \alpha$$

$$\alpha = 3.0 \times 10^{-5} / ^\circ C$$

مسألة رقم (1.14)

جسر حديدي طوله (54.5 m)، أوجد مقدار التغير في الطول عندما تتغير درجة الحرارة من (-4°C) الى (38°C).

الحل:

نستخدم المعادلة:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

$$\Delta l = 1.2 \times 10^{-5} \times 54.5 \times (38 - (-4))$$

$$= 0.0275 \ m$$

$$= 2.75 \ cm$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (1.15)

ساق معدنية طولها (12.0 cm) عند درجة حرارة (23°C)، وطولها (12.011 cm) عند (100°C)، أوجد :

أ - طولها عند (0.0°C).

ب - درجة الحرارة عندما يكون طولها (12.015 cm).

الحل :

نجد أولا (α) نحسبها من المعادلة :

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$12.011 = 12.0[(1 + \alpha (100 - 23)]$$

$$12.011 = 12.0 + 924 \alpha$$

$$\alpha = 1.19 \times 10^{-5} / ^\circ C$$

أ -

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\ell = 12.0 [(1 + 1.19 \times 10^{-5} \times (0.0 - (23)]$$

$$= 11.997 \text{ cm}$$

ب -

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$12.015 = 12.0 [1 + 1.19 \times 10^{-5} (T - 23)]$$

$$12.015 = 12.0 + 14.28 \times 10^{-5} (T - 23)$$

$$0.015 = 14.28 \times 10^{-5} (T - 23)$$

$$T - 23 = 105.04$$

$$T = 128.04 ^\circ C$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.16)

ساق من الحديد وأخرى من الرصاص طولهما عند درجة الصفر المئوي (60.4 cm) و (60.0 cm) على التوالي، عند أي درجة حرارة يتساوى الطولان.

الحل:

باستخدام المعادلة:

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

تكون:

$$\ell_{حديد} = 60.4 (1 + 1.2 \times 10^{-5} T)$$

$$\ell_{رصاص} = 60.0 (1 + 2.9 \times 10^{-5} T)$$

حيث (T) درجة الحرارة التي يتساوى عندها الطولان، أي أن:

$$\ell_{حديد} = \ell_{رصاص}$$

$$60.4 (1 + 1.2 \times 10^{-5} T) = 60.0 (1 + 2.9 \times 10^{-5} T)$$

$$60.4 + 72.48 \times 10^{-5} T = 60.0 + 174 \times 10^{-5} T$$

$$101.52 \times 10^{-5} T = 0.4$$

$$T = 394^\circ C$$

مسألة رقم (1.17)

صفيحة معدنية مربعة طول ضلعها (100 cm)، وبوسطها فتحة دائرية قطرها (40 cm) عند درجة الصفر المئوي. عند أي درجة حرارة يكون طول ضلع الصفيحة (101 cm)، وما هو طول قطر الفتحة عند هذه الدرجة. [$\alpha_{معدن} = 1.25 \times 10^{-5} / ^\circ C$]

الحل:

نستخدم العلاقة

www.utebooks.com

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

لطول ضلع المربع :

$$101 = 100 [1 + 1.25 \times 10^{-5} (T - 0)]$$

$$1 = 125 \times 10^{-5} T$$

$$T = 800\ ^\circ C$$

لقطر الدائرة :

$$\ell = 40 (1 + 1.25 \times 10^{-5} \times 800)$$

$$= 40.4\ cm$$

مسألة رقم (1.18)

ساعة حديدية طولها (70.0 cm) عند درجة حرارة (100°F) ، أوجد طولها عند (20°F).

الحل :

يجب أولا أن نحول درجة الحرارة من التدريج الفهرنهايتي الى التدريج المئوي ، وذلك باستخدام العلاقة :

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32^\circ)$$

$$T_C = \frac{5}{9} (100 - 32) = 37.8\ ^\circ C$$

$$T_C = \frac{5}{9} (20 - 32) = -6.7\ ^\circ C$$

ولايجاد طول الساعة النهائي نستخدم العلاقة :

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\ell = 70 [1 + 1.2 \times 10^{-5} (-6.7 - 37.8)]$$

$$= 69.96\ cm$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (1.19)

ماذا يجب أن يكون عليه طولا ساقين من الفولاذ و النحاس عند درجة حرارة ($0^\circ C$) حتى يكون الفرق بينهما (10 سم) عند أي درجة حرارة؟ [$\alpha_{Cu} = 1.8 \times 10^{-5} / ^\circ C$].

الحل:

نفرض أن طول ساق الفولاذ ($\ell_s$) وطول ساق النحاس ($\ell_{Cu}$) عند درجة الصفر المئوي، نتكون:

$$\ell_s - \ell_{Cu} = 10 \quad (1)$$

وعند أي درجة حرارة أخرى يكون:

$$\ell'_s = \ell_s (1 + \alpha_s \Delta T) \quad (2)$$

$$\ell'_{Cu} = \ell_{Cu} (1 + \alpha_{Cu} \Delta T) \quad (3)$$

وبطرح المعادلة (3) من (2):

$$\ell'_s - \ell'_{Cu} = \ell_s + \alpha_s \ell_s \Delta T - \ell_{Cu} - \alpha_{Cu} \ell_{Cu} \Delta T$$

$$\ell'_s - \ell'_{Cu} = (\ell_s - \ell_{Cu}) + (\alpha_s \ell_s - \alpha_{Cu} \ell_{Cu}) \Delta T \quad (4)$$

ولكن عند أي درجة حرارة:

$$\ell_s - \ell_{Cu} = \ell'_s - \ell'_{Cu} = 10$$

وبالتعويض في المعادلة (4):

$$10 = 10 + (1.2 \times 10^{-5} \ell_s - 1.8 \times 10^{-5} \ell_{Cu}) \Delta T$$

أي أن:

$$1.2 \times 10^{-5} \ell_s - 1.8 \times 10^{-5} \ell_{Cu} = 0 \quad (5)$$

ولكن من المعادلة (1):

$$\ell_s = \ell_{Cu} + 10$$

وبالتعويض في المعادلة (5) عن ($\ell_s$)، نجد أن:

$$1.2 (\ell_{Cu} + 10) = 1.8 \ell_{Cu}$$

نجد أن: $\ell_{Cu} = 20\ cm$ ، $\ell_s = 30\ cm$

www.utebooks.com

مسألة رقم (1.20)

وُضعت كرة فلزية قطرها (2.0 cm) على فتحة دائرية في صفيحة من الألومنيوم قطرها (1.99 cm) عند درجة حرارة (20°C). أوجد درجة الحرارة التي تنفذ عندها الكرة من الحلقة.

الحل:

نستخدم العلاقة:

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\ell_{كرة} = 2 (1 + 1.7 \times 10^{-5} \Delta T)$$

$$\ell_{فتحة} = 1.99 (1 + 2.4 \times 10^{-5} \Delta T)$$

لكي تنفذ الكرة من الحلقة يجب أن تكون ($\ell_{فتحة} = \ell_{كرة}$)، أي أن:

$$2 (1 + 1.7 \times 10^{-5} \Delta T) = 1.99 (1 + 2.4 \times 10^{-5} \Delta T)$$

$$1.376 \times 10^{-5} \Delta T = 0.01$$

$$\Delta T = 726.74\ ^\circ C$$

$$T - 20 = 726.74$$

$$T = 746.74\ ^\circ C$$

مسألة رقم (1.21)

عمود حديدي مساحة مقطعه ($80\ cm^2$) مثبت بين دعامتين، أوجد القوة الناتجة عن العمود عندما تنخفض درجة الحرارة بمقدار ($23^\circ C$). [معامل يونج للحديد = ($1.9 \times 10^{10}\ P_a$)].

الحل:

يُعرّف معامل يونج بالعلاقة التالية:

$$Y = \frac{stress}{strain} = \frac{F/A}{\Delta \ell / \ell_0}$$

www.utebooks.com

حيث (F) قوة الشد ، و (A) مساحة المقطع ، وبالتعويض عن ($\Delta \ell$) :

$$\psi = \frac{F/A}{\alpha \ell_0 \Delta T/\ell_0} = \frac{F/A}{\alpha \Delta T}$$

$$F = \alpha \psi A \Delta T$$

$$= 1.2 \times 10^{-5} \times 1.9 \times 10^{10} \times 80 \times 10^{-4} \times 23$$

$$= 4.195 \times 10^{4} \ N$$

---

مسألة رقم (1.22)

---

اذا كان معامل التمدد الحجمي لمعدن ($4.2 \times 10^{-5} / ^\circ C$)، أوجد معامل التمدد الطولي.

---

الحل :

نجد معامل التمدد الطولي من العلاقة :

$$\beta = 3\alpha$$

$$4.2 \times 10^{-5} = 3\alpha$$

$$\alpha = 1.4 \times 10^{-5} / ^\circ C$$

ونجد معامل التمدد السطحي من العلاقة :

معامل التمدد السطحي $= 2\alpha$

$$= 2 \times 1.4 \times 10^{-5} = 2.8 \times 10^{-5} / ^\circ C$$

---

مسألة رقم (1.23)

---

كرة نحاسية قطرها (4/1 cm) في درجة حرارة ($8^\circ C$)، أوجد حجمها عند درجة حرارة ($658^\circ C$).

www.utebooks.com

الحل :

حجم الكرة الأصلي ($V_0$) يُعطى بالعلاقة الهندسية التالية :

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi r^3$$
$$= \frac{4}{3} \times 3.14 \times (7)^3$$
$$= 1436 \ cm^3$$

ولإيجاد حجم الكرة في درجة حرارة ($58^\circ C$) نستخدم القانون :

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$
$$= 1436 [1 + 3 \times 1.7 \times 10^{-5} \times (58-8)]$$
$$= 1439.7 \ cm^3$$

حل آخر :

نجد أولا قطر الكرة عند ($58^\circ C$) ، باستخدام العلاقة :

$$\ell = \ell_0 (1 + \alpha \Delta T)$$
$$r = 14 [1 + 1.7 \times 10^{-5} \times (58-8)]$$
$$= 14.012 \ cm$$

فيكون حجم الكرة النهائي :

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$
$$= \frac{4}{3} \times 3.14 \times \left(\frac{14.012}{2}\right)^3$$
$$= 1439.7 \ cm^3$$

مسألة رقم (1.24)

مكعب من الألومنيوم طول ضلعه (10 cm) عند درجة حرارة ($10^\circ C$) . أوجد حجمه عند ($30^\circ C$) .

الحل :

www.utebooks.com

حجم المكعب الأصلي:

$$V_0 = 10^3 \ cm^3$$

ولايجاد الحجم النهائي نستخدم العلاقة:

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$

$$= 10^3 [1 + 3 \times 2.4 \times 10^{-5} \times (30 - 10)]$$

$$= 1001.44 \ cm^3$$

حل آخر:

يمكن ايجاد حجم المكعب عند (30°C)، وذلك بايجاد طول ضلعه عند هذه الدرجة.

مسألة رقم (1.25)

ثقب دائري في صفيحة فولاذية مساحته ($340 cm^2$)، أوجد مساحته اذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار (80 K).

الحل:

نستخدم العلاقة:

$$A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

$$= 340 (1 + 2 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 80)$$

$$= 340.65 \ cm^2$$

لاحظ أن الارتفاع في درجة الحرارة هو الفرق بين درجتي حرارة، وبالتالي فان:

$$80 \ K = 80 \ ^\circ C$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (1.26)

وعاء زجاجي حجمه (1 litre)* مملوء بالجلسرين في درجة الصفر المئوي. أوجد مقدار الجلسرين الفائض اذا وُضع الوعاء في ماء يغلي. [معامل التمدد الطولي للزجاج ($0.4\times10^{-5}$ /K)].

الحل:

نستخدم القانون:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

نتكون الزيادة في حجم الوعاء:

$$\Delta V = 3\times0.4\times10^{-5}\times1000\times(100-0)$$
$$= 1.2\ cm^3$$

والزيادة في حجم الجلسرين:

$$\Delta V = 4.85\times10^{-4}\times1000\times(100-0)$$
$$= 48.5\ cm^3$$

أي أن حجم الجلسرين الفائض:

$$48.5 - 1.2 = 47.3\ cm^3$$

مسألة رقم (1.27)

دورق زجاجي حجمه (1 litre) مملوء بالزئبق عند درجة الصفر المئوي. عندما سُخن الدورق والزئبق الى درجة (100°C) فاض منه (15 $cm^3$). أوجد معامل التمدد الطولي للزجاج.

الحل:

نستخدم المعادلة:

1 litre $= 10^{-3}\ m^3 = 1000\ cm^3$ *

www.utebooks.com

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

الزيادة في حجم الدورق:

$$\Delta V_{\text{زجاج}} = \beta\,(1000)(100)$$
$$= 10^5\,\beta$$

والزيادة في حجم الزئبق:

$$\Delta V_{\text{زئبق}} = 1.8\times10^{-4}\times1000\times100$$
$$= 18\ cm^3$$

أي أن حجم الزئبق الفائض:

$$\Delta V_{\text{الفائض}} = \Delta V_{\text{زئبق}} - \Delta V_{\text{زجاج}}$$
$$15 = 18 - 10^5\,\beta$$
$$10^5\,\beta = 3$$
$$\beta = 3\alpha = 3\times10^{-5}$$
$$\alpha = 1\times10^{-5}\ /^\circ C$$

أي أن معامل التمدد الطولي للزجاج ($1\times10^{-5}\ /^\circ C$).

---

مسألة رقم (1.28)

إذا كان ارتفاع الكيروسين في خزان طوله (6 m) وقطره (5 m) هو (5.8 m) عند درجة حرارة ($5.0^\circ C$). عند أي درجة حرارة يبدأ الكيروسين في الفيضان. [معامل التمدد الحجمي للكيروسين ($1\times10^{-3}/^\circ C$)، ولمادة الخزان ($3.6\times10^{-5}/^\circ C$)].

---

الحل:

يبدأ الكيروسين في الفيضان عندما يتساوى الحجم النهائي للخزان والكيروسين، أي:

$$V_{\text{خزان}} = V_{\text{كيروسين}}$$

www.utebooks.com

حيث حجم الخزان الاسطواني يُعطى بالعلاقة الهندسية :

$$V = \pi r^2 h$$

حيث (r) نصف قطر الخزان و (h) الارتفاع .

وباستخدام العلاقة :

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$

$$V_{\text{خزان}} = 3.14 \times (2.5)^2 \times 6 \times (1 + 3.6 \times 10^{-5} \Delta T)$$

$$= 117.75 + 4.239 \times 10^{-3} \Delta T$$

$$V_{\text{كيروسين}} = 3.14 \times (2.5)^2 \times 5.8 \times (1 + 10^{-3} \Delta T)$$

$$= 113.825 + 113.825 \times 10^{-3} \Delta T$$

أي أن :

$$117.75 + 4.239 \times 10^{-3} \Delta T = 113.825 + 113.825 \times 10^{-3} \Delta T$$

$$109.586 \times 10^{-3} \Delta T = 3.925$$

$$\Delta T = 35.82\ ^\circ C$$

أي أن الكيروسين يبدأ في الفيضان عند درجة حرارة ($35.82\ ^\circ C$)

---

مسألة رقم (1.29)

اذا كانت كثافة الجلسرين ($1.25 \times 10^3\ kg/m^3$) عند درجة حرارة ($20\ ^\circ C$) . أوجد كثافته عند درجة حرارة ($50\ ^\circ C$) .

---

الحل :

نعرف أن : الكثافة = الكتلة / الحجم ، أي أن :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث ($\rho$) كثافة المادة ، تتكون

www.utebooks.com

$$\rho_{20} = \frac{m}{V_{20}} \qquad (1)$$

$$\rho_{50} = \frac{m}{V_{50}} = \frac{m}{V_{20}(1+\beta\Delta T)} \qquad (2)$$

حيث ($\rho_{20}$) كثافة الجلسرين عند ($20^\circ C$)، و($\rho_{50}$) كثافة الجلسرين عند ($50^\circ C$)، ($V_{20}$) حجم الجلسرين عند ($20^\circ C$)، و ($V_{50}$) عند ($50^\circ C$).

وبقسمة المعادلة (2) على (1) :

$$\frac{\rho_{50}}{\rho_{20}} = \frac{1}{1+\beta\Delta T}$$

$$\rho_{50} = \rho_{20} \frac{1}{1+\beta\Delta T}$$

$$= 1.25\times10^{3} \frac{1}{1+4.85\times10^{-4}\times(50-20)}$$

$$= 1.23\times10^{3} \ kg/m^3$$

$$730 \frac{1}{1+12\times10^{-4}(35)}$$

$$\rho = \rho_1 \frac{1}{1+\beta\Delta T} \qquad 750 \qquad 1+B\Delta(T)$$

ww.utebooks.com

# 2 الطاقة الحرارية

# Thermal Energy

ww.utebooks.com

جدول ( 1 . 2 )

الحرارة النوعية لبعض المواد

| المادة | $J\ kg^{-1}\ ^{\circ}C^{-1}$ | $cal\ g^{-1}\ ^{\circ}C^{-1}$ |
|---|---|---|
| المواد الصلبة : | | |
| الثلج | 2090 | 0.500 |
| ألومنيوم | 900 | 0.215 |
| سيليكون | 703 | 0.168 |
| حديد | 448 | 0.107 |
| نحاس | 387 | 0.092 |
| فضة | 234 | 0.056 |
| ذهب | 129 | 0.031 |
| المواد السائلة : | | |
| الماء | 4186 | 1.000 |
| ماء البحر | 3893 | 0.930 |
| الكحول | 2400 | 0.573 |
| الزئبق | 140 | 0.033 |

ww.utebooks.com

جدول ( 2 . 2 )

نقاط الإنصهار والغليان عند ( 1 atm )

| المادة | نقطة الإنصهار | نقطة الغليان |
|---|---|---|
| هيليوم | - 272 °C | - 269 °C |
| أيدروجين | - 259 °C | - 253 °C |
| كحول إثيلي | - 144 °C | 78 °C |
| زئبق | - 39 °C | 357 °C |
| ماء | 0.0 | 100 °C |
| رصاص | 327 °C | 1750 °C |
| ألومنيوم | 660 °C | 2450 °C |
| فضة | 962 °C | 2163 °C |
| ذهب | 1064 °C | 2808 °C |
| نحاس | 1083 °C | 2300 °C |
| حديد | 1535 °C | 2800 °C |

ww.utebooks.com

جدول ( 2 . 3 )

الحرارة الكامنة للإنصهار والتبخير عند ( 1 atm )

| المادة | الحرارة الكامنة للإنصهار ( $L_F$ ) | | الحرارة الكامنة للتبخير ( $L_V$ ) | |
|---|---|---|---|---|
| | ( J / kg ) | ( cal / g ) | ( J / kg ) | ( cal / g ) |
| كحول إثيلي | $1.04 \times 10^5$ | 24.9 | $8.54 \times 10^5$ | 204 |
| زئبق | $1.14 \times 10^4$ | 2.73 | $2.96 \times 10^5$ | 70.6 |
| ماء | $3.337 \times 10^5$ | 80 | $2.257 \times 10^6$ | 540 |
| رصاص | $2.32 \times 10^4$ | 5.53 | $8.58 \times 10^5$ | 205 |
| فضة | $8.82 \times 10^4$ | 21.07 | $2.32 \times 10^6$ | 555.1 |
| ذهب | $6.61 \times 10^4$ | 15.8 | $1.70 \times 10^6$ | 406 |
| نحاس | $2.06 \times 10^5$ | 49.2 | $4.73 \times 10^5$ | 1129 |

ww.utebooks.com

مسألة رقم (2.1)

أوجد كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (450g) من الألومنيوم*، و(450g) من الذهب* بمقدار (78 °C).

الحل:

للألومنيوم:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$
$$= 450 \times 0.215 \times 78$$
$$= 7546.5 \text{ cal.}$$

أو:

$$\Delta Q = 0.450 \times 900 \times 78$$
$$= 31590 \text{ J}$$

للذهب:

$$\Delta Q = 450 \times 0.031 \times 78$$
$$= 1088.1 \text{ cal}$$

أو:

$$\Delta Q = 0.450 \times 129 \times 78$$
$$= 4527.9 \text{ J}$$

* تجد الحرارة النوعية للمواد بالجدول (2.1).

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.2)

اذا ارتفعت درجة حرارة سائل كتلته (850 g) من (273 K) الى (320 K) نتيجة امتصاصه كمية من الحرارة مقدارها ($1.6 \times 10^4$ cal)، أوجد حرارته النوعية.

الحل

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$1.6 \times 10^4 = 850 \times c \times (320 - 273)$$

$$= 39950\, c$$

$$c = 0.4 \text{ cal/g K}$$

مسألة رقم (2.3)

اذا فقدت قطعة فضية كتلتها (3.5 kg) طاقة حرارية مقدارها ($2.9 \times 10^4$ J)، أوجد مقدار التغير في درجة حرارتها.

الحل:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$2.9 \times 10^4 = 3.5 \times 234\, \Delta T$$

$$\Delta T = 35.4\ ^\circ C$$

مسألة رقم (2.4)

أوجد السعة الحرارية لمسعر نحاسي كتلته (253g).

الحل

تُعرف السعة الحرارية (C) كالتالي:

ww.utebooks.com

$$C = mc$$
$$= 253 \times 0.092$$
$$= 23.276 \ cal/^{\circ}C$$

أو :

$$C = 0.253 \times 387$$
$$= 97.9 \ J/^{\circ}C$$

مسألة رقم (2.5)

قبرد سيارة سعته (10.5 litre)* ، أوجد كمية الحرارة التي يمتصها الماء عندما ترتفع درجة حرارته من (15°C) الى (85°C).

الحل :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$
$$= 10.5 \times 1000 \times 1 \times (85-15)$$
$$= 7.35 \times 10^{5} \ cal$$

أو :

$$\Delta Q = 10.5 \times 4186 \times (85-15)$$
$$= 3.077 \times 10^{6} \ J$$

مسألة رقم (2.6)

أوجد الحرارة النوعية المولية (molar heatcapacity) للماء.

* (1 لتر) من الماء = (1 kg) = (1000 g)

www.utebooks.com

الحل :

يمكن أن نعبر عن كتلة المادة كالآتي :

$$m = n M$$

حيث (m) كتلة المادة بالجرام ، و (n) عدد المولات ، و (M) الوزن الجزيئي للمادة ، وعليه فإننا نكتب المعادلة :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

كالآتي :

$$\Delta Q = n(Mc)\Delta T$$

وتُعرّف (Mc) على أنها الحرارة النوعية المولية ، وحيث أن الوزن الجزيئي للماء (18 g/mol) ، فتكون الحرارة النوعية المولية للماء :

$$Mc = (18\ g/mol)(1\ cal/g\,^\circ C)$$
$$= 18\ cal/mol\,^\circ C$$

أو :

$$Mc = (18\times10^{-3}\ kg/mol)(4186\ J/kg\,^\circ C)$$
$$= 75.348\ J/mol\,^\circ C$$

مسألة رقم (2.7)

إذا كانت الحرارة النوعية لمادة ما (60 J/kg °C) والوزن الجزيئي لها (0.4 kg/mol) ، أوجد الحرارة النوعية المولية.

الحل :

$$Mc = \text{الحرارة النوعية المولية}$$
$$= 0.4 \times 60$$
$$= 24\ J/mol\,^\circ C$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.8)

في تجربة لإيجاد الحرارة النوعية، أُسقطت قطعة معدنية كتلتها (1.8 kg) ودرجة حرارتها (93°C) في لتر من الماء درجة حرارته (18°C). فإذا كانت درجة الحرارة النهائية للنظام (29°C)، أوجد الحرارة النوعية للمعدن.

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة المعدن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = mc\Delta T$$

$$= 1800 \times c \times (93 - 29)$$

$$= 115200\,c$$

وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء :

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 1000 \times 1 \times (29 - 18)$$

$$= 11000 \text{ cal}$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

$$115200\,c = 11000$$

$$c = 0.0955 \text{ cal/g°C}$$

$$= 0.0955 \times 4186$$

$$= 399.7 \text{ J/kg °C}$$

مسألة رقم (2.9)

أُسقطت قطعة من الحديد كتلتها (250 g) ودرجة حرارتها (67°C) في ماء كتلته (750 g) ودرجة حرارته (12°C)، أوجد درجة الحرارة النهائية للنظام.

الحل :

www.utebooks.com

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الحديد :

$$\Delta Q = m c \Delta T$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 250 \times 0.107 \times (67 - T_f)$$

$$= 1792.25 - 26.75 T_f \quad (1)$$

حيث ($T_f$) درجة الحرارة النهائية .

وكمية الحرارة التي يكتسبها الماء :

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 750 \times 1 \times (T_f - 12)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 750 T_f - 9000 \quad (2)$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة ، فإن :

$$1792.25 - 26.75 T_f = 750 T_f - 9000$$

$$776.75 T_f = 10792.25$$

$$T_f = 13.89\ ^\circ C$$

---

مسألة رقم (2/10)

أُسقطت قطعة من الحديد كتلتها (90 g) ودرجة حرارتها ($94\ ^\circ C$) في وعاء نحاسي كتلته (130 g) يحتوي على ماء كتلته (155 g) في درجة حرارة ($24\ ^\circ C$) ، أوجد درجة الحرارة النهائية للنظام .

---

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الحديد :

$$\Delta Q = m c \Delta T$$

$$= 90 \times 0.107 \times (94 - T_f)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 905.22 - 9.63 T_f$$

www.ufebooks.com

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الوعاء النحاسي والماء :

$$\Delta Q = (mc\Delta T)_{\text{الوعاء}} + (mc\Delta T)_{\text{الماء}}$$

$$= 130 \times 0.092 \times (T_F - 24) + 155 \times 1 \times (T_F - 24)$$

$$= 166.96\ (T_F - 24)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 166.96\ T_F - 4007.04$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة ،

$$905.22 - 9.63 T_F = 166.96 T_F - 4007.04$$

$$176.59 T_F = 4912.26$$

$$T_F = 27.8\ ^\circ C$$

---

مسألة رقم (2.11)

في تجربة لإيجاد الحرارة النوعية لسائل ، أُسقطت قطعة نحاسية كتلتها (0.5 kg) ودرجة حرارتها ($90\ ^\circ C$) في مسعر من الألومنيوم كتلته (32 g) يحتوي على سائل كتلته (420 g) ودرجة حرارته ($10\ ^\circ C$) ، فإذا كانت درجة الحرارة النهائية للنظام ($18\ ^\circ C$) ، أوجد الحرارة النوعية للسائل .

---

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة القطعة النحاسية :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 500 \times 0.092 \times (90 - 18)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 3312\ cal$$

وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة المسعر والسائل :

$$\Delta Q = (mc\Delta T)_{\text{المسعر}} + (mc\Delta T)_{\text{السائل}}$$

$$= 32 \times 0.215 \times (18 - 10) + 420 \times c \times (18 - 10)$$

www.ufebooks.com

$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 55.04 + 3360\,c$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة ،

$3312 = 55.04 + 3360\,c$

$c = 0.97 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

---

مسألة رقم (2.12)

مُزج سائل حرارته النوعية ($0.42 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) ودرجة حرارته ($39^\circ\text{C}$) بسائل آخر حرارته النوعية ($0.35 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) ودرجة حرارته ($9^\circ\text{C}$) فكانت درجة حرارة الخليط ($19^\circ\text{C}$). أوجد النسبة بين كتلتي السائل.

---

الحل :

كمية الحرارة التي فقدها السائل الأول :

$\Delta Q = mc\Delta T$

$= m_1 \times 0.42 \times (39 - 19)$

$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 8.4\, m_1$

وكمية الحرارة التي أكتسبها السائل الثاني :

$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = m_2 \times 0.35 \times (19 - 9)$

$= 3.5\, m_2$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة ،

$8.4\, m_1 = 3.5\, m_2$

أي أن :

$\frac{m_2}{m_1} = \frac{8.4}{3.5} = \frac{2.4}{1}$

أو :

$m_1 : m_2 = 10 : 24$

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.13)

أُسقطت قطعة من الثلج كتلتها (128 g) في درجة الصفر المئوي في ماء كتلته (540 g) ودرجة حرارته (65°C). أوجد درجة الحرارة النهائية.*

الحل :

كمية الحرارة التي سيفقدها الماء :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 540 \times 1 \times (65 - T_F)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 35100 - 540\,T_F$$

حيث ($T_F$) درجة الحرارة النهائية.

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء سيكتسبها الثلج على مرحلتين :

الأولى : تتغير حالته من ثلج في درجة الصفر المئوي «نقطة انصهاره» الى ماء في درجة الصفر المئوي.

الثانية : ترتفع درجة حرارة الماء الناتج عن الثلج من (0°C) الى ($T_F$)، أي أن :

$$\Delta Q = mL_f + mc\Delta T$$

$$= 128 \times 80 + 128 \times 1 \times (T_F - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 10240 + 128\,T_F$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة، فان:

$$35100 - 540\,T_F = 10240 + 128\,T_F$$

$$668\,T_F = 24860$$

$$T_F = 32.2\ ^\circ C$$

* تجد نقاط الانصهار والغليان، والحرارة الكامنة للانصهار والتبخير في الجدولين (2.2) و (2.3).

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.14)

أُضيفت قطعة من الثلج في درجة حرارة ($-20^{\circ}C$) الى ماء كتلته (500 g) في درجة حرارة ($90^{\circ}C$)، فاذا كانت درجة الحرارة النهائية ($50^{\circ}C$)، أوجد كتلة الثلج المضافة.

الحل:

(1) كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 500 \times 1 \times (90-50)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 20\,000 \text{ cal}$$

كمية الحرارة هذه يكتسبها الثلج على ثلاث مراحل:

الأولى: ترتفع درجة حرارته من ($-20^{\circ}C$) الى نقطة الانصهار ($0^{\circ}C$).

الثانية: يتحول الثلج من ثلج في درجة ($0^{\circ}C$) الى ماء في درجة ($0^{\circ}C$)

الثالثة: ترتفع درجة حرارة الماء الناتج عن الثلج من ($0^{\circ}C$) الى ($50^{\circ}C$).

$$\Delta Q = (mc\Delta T)_{\text{ثلج}} + mL_f + (mc\Delta T)_{\text{ماء}}$$

$$= m \times 0.5\,(0-(-20)) + m \times 80 + m \times 1 \times (50-0)$$

$$= 10m + 80m + 50m$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 140\,m$$

وحيث أن الحرارة المفقودة تساوي الحرارة المكتسبة،

$$20\,000 = 140\,m$$

$$m = 142.86 \text{ g}$$

أي أن كتلة الثلج المضافة تساوي (142.86 g).

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.15)

أوجد كتلة الماء اللازمة في درجة حرارة (70°C) لإذابة (0.25 kg) من الثلج في درجة (0°C).

الحل :

لاحظ أن درجة الحرارة النهائية تساوي (0°C)، لأننا نريد إذابة الثلج فقط، وليس رفع درجة حرارته.

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= m \times 1 \times (70 - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 70\,m$$

وكمية الحرارة اللازمة لإذابة الثلج :

$$\Delta Q = mL_f$$

$$= 250 \times 80$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 20000 \text{ cal}$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

$$20000 = 70\,m$$

$$m = 285.7 \text{ g}$$

وهي كتلة الماء اللازمة لإذابة الثلج فقط.

مسألة رقم (2.16)

أوجد كمية الحرارة اللازمة لصهر (10 kg) من الحديد في درجة (25°C). ($L_f$ (حديد) $= 2.7 \times 10^5$ J/kg).

الحل :

لصهر الحديد، فإننا يجب أولاً أن نرفع درجة حرارته الى

www.utebooks.com

نقطة الانصهار وهي ($1535\ ^\circ C$)، ثم لصهر كل ($1\ kg$) من الحديد فاننا نحتاج الى ($2.7 \times 10^5\ J/kg$)، أي أن كمية الحرارة اللازمة:

$$\Delta Q = mc\Delta T + mL_f$$

$$= 10 \times 448 \times (1535 - 25) + 10 \times 2.7 \times 10^5$$

$$\Delta Q = 9.465 \times 10^6\ J$$

---

مسألة رقم (2.17)

وُضعت قطعة معدنية كتلتها ($145\ g$) ودرجة حرارتها ($117\ ^\circ C$) في بخوة بقطعة كبيرة من الثلج في درجة ($0\ ^\circ C$)، فوُجد أن ($20.4\ g$) من الثلج قد أُذيب. أوجد الحرارة النوعية للمعدن.

---

الحل:

كمية الحرارة المفقودة بواسطة المعدن:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 145 \times c \times (117 - 0)$$

لاحظ أن درجة حرارة النظام النهائية تساوي صفرا، وذلك لوجود ثلج لم ينصهر.

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 16965\ c$$

حيث (c) الحرارة النوعية للمعدن. كمية الحرارة التي اكتسبها الثلج من المعدن سيوظفها في تغيير حالة كتلة منه مقدارها ($20.4\ g$) من ثلج في درجة الصفر الى ماء في درجة الصفر، أي أن:

$$\Delta Q = mL_f$$

$$= 20.4 \times 80$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 1632\ cal$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

www.utebooks.com

$$16.965\,c = 1.632$$

$$c = 0.096 \ cal/g\,^{\circ}C$$

مسألة رقم (2.18)

أُضيف (400 g) من الماء في درجة حرارة ($70^{\circ}C$) الى وعاء به (120 g) من الثلج و (380 g) من الماء في توازن حراري، أوجد درجة الحرارة النهائية.

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 400 \times 1 \times (70 - T_F)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 28000 - 400\,T_F$$

كمية الحرارة هذه ستذيب الثلج أولا حتى يصبح كله ماءً، ثم ترتفع درجة حرارة الماء الناتج عن الثلج والماء الموجود أصلا الى درجة الحرارة النهائية ($T_F$). لاحظ أن درجة الحرارة الابتدائية للثلج والماء هي ($0^{\circ}C$)، حيث أن الماء والثلج في توازن حراري.

تتكون كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج والماء،

$$\Delta Q = m_{\text{ثلج}} L_F + (m_{\text{ثلج} \to \text{ماء}} + m_{\text{ماء}})\,c\,\Delta T$$

$$= 120 \times 80 + (120 + 380) \times 1 \times (T_F - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 9600 + 500\,T_F$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

$$28000 - 400\,T_F = 9600 + 500\,T_F$$

$$900\,T_F = 18400$$

$$T_F = 20.4^{\circ}C$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.19)

وُضعت قطعة من الثلج كتلتها (200g) عند درجة (0°C) في ماء كتلته (500g) عند درجة حرارة (20°C). أوجد درجة الحرارة النهائية.

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 500 \times 1 \times (20 - T_F)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 10\,000 - 500T_F$$

حيث ($T_F$) درجة الحرارة النهائية، وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج ستكون على مرحلتين :

الأولى : إذابة الثلج، والثانية : رفع درجة حرارة الثلج المذاب والماء من (0°C) إلى ($T_F$).

$$\Delta Q = mL_f + mc\Delta T$$

$$= 200 \times 80 + 200 \times 1 \times (T_F - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 16\,000 + 200T_F$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

$$10\,000 - 500T_F = 16\,000 + 200T_F$$

$$700T_F = -6000$$

$$T_F = -8.57\,^\circ C \;!!$$

هذه الإجابة غير معقولة فيزيائيا، فدرجة الحرارة النهائية يجب أن تكون بين (0°C) و (20°C)، فماذا حدث إذن؟!

الذي حدث التالي : كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء ليست كافية لإذابة كل الثلج، أي أن جزءً من الثلج لم يُذب،

www.utebooks.com

وجود ثلج وماء في توازن حراري يعني أن درجة الحرارة النهائية لابد أن تكون صفرا.

ونستطيع أن نجد كمية الثلج المنابة اذا اعتبرنا أن درجة الحرارة النهائية للخليط تساوي صفرا. فتكون كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$
$$= 500 \times 1 \times (20-0)$$
$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 10\,000 \text{ cal}$$

وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج ،

$$\Delta Q = mL_f$$
$$= m \times 80$$
$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 80\,m$$

أي أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$
$$10\,000 = 80\,m$$
$$m = 125 \text{ g}$$

أي أن (125 g) من الثلج قد أذيب ، و(75 g) من الثلج بقي ثلجا لم يذب.

مسألة رقم (2.20)

أوجد كمية الحرارة اللازمة لصهر (100 g) من الذهب من درجة حرارة ($24\,^{\circ}C$).

الحل :

أولا ، يجب رفع درجة حرارة الذهب الى نقطة انصهاره

www.utebooks.com

وهي (1064 °C)، وعند نقطة الانصهار يتحول الذهب الصلب الى ذهب سائل "منصهر"، فتكون كمية الحرارة اللازمة لذلك هي:

$$\Delta Q = mc\Delta T + mL_f$$
$$= 100 \times 0.031 \times (1064 - 24) + 100 \times 15.8$$
$$= 3224 + 1580$$
$$= 4804 \text{ cal}$$

مسألة رقم (2.21)

يحتوي مسعر سعته الحرارية (30 cal/°C) على ثلج كتلته (50g) من درجة الصفر المئوي. أضيف (15g) من البخار من درجة (100°C) الى هذا النظام، أوجد درجة الحرارة النهائية.

الحل:

يفقد البخار الحرارة على مرحلتين، الأولى: يتكثف البخار، أي يصبح ماءً عند (100°C)، والثانية: تنخفض درجة البخار المكثف "الماء" من (100°C) الى درجة الحرارة النهائية ($T_F$)، فتكون كمية الحرارة المفقودة بواسطة البخار:

$$\Delta Q = mL_v + mc\Delta T$$
$$= 15 \times 540 + 15 \times 1 \times (100 - T_F)$$
$$\Delta Q_{\text{المفقود}} = 9600 - 15T_F$$

يكتسب المسعر والثلج هذه الحرارة على مرحلتين أيضاً، الأولى: ينصهر الثلج كلياً، والثانية: ترتفع درجة حرارة الثلج المنابه "الماء" والمسعر من (0°C) الى ($T_F$)، فتكون كمية الحرارة المكتسبة:

$$\Delta Q = (mL_f)_{\text{الثلج}} + (mc\Delta T)_{\text{الثلج}} + (mc\Delta T)_{\text{المسعر}}$$

www.utebooks.com

$$\Delta Q = 50\times 80 + 50\times 1\times (T_F - 0) + 30\,(T_F - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 4000 + 80\,T_F$$

وحيث أن

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$9600 - 15\,T_F = 4000 + 80\,T_F$$

$$95\,T_F = 5600$$

$$T_F = 58.95\ ^\circ C$$

مسألة رقم (2.22)

أُضيف (3 g) من بخار الماء في درجة حرارة (100 °C) الى (0.5 litre) من الماء في درجة حرارة (18 °C). أوجد درجة الحرارة النهائية.

الحل:

سيفقد البخار حرارته على مرحلتين، الأولى: يتحول فيها البخار في درجة حرارة (100 °C) الى ماء في درجة حرارة (100 °C)، ثم تنخفض درجة حرارة البخار المكثف "الماء" من (100 °C) الى ($T_F$)، حيث ($T_F$) درجة الحرارة النهائية، أي أن:

$$\Delta Q = mL_v + mc\Delta T$$

$$= 3\times 540 + 3\times 1\times (100 - T_F)$$

$$= 1620 + 300 - 3\,T_F$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 1920 - 3\,T_F$$

هذه الحرارة سيكتسبها الماء لترتفع درجة حرارته من (18 °C) الى ($T_F$)، أي أن:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

ww.utebooks.com

$$= 500 \times 1 \times (T_F - 18)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 500 T_F - 9000$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$1920 - 3 T_F = 500 T_F - 9000$$

$$503 T_F = 10920$$

$$T_F = 21.71 \ ^\circ C$$

---

مسألة رقم (2.23)

يحتوي وعاء على (450 g) من الماء و (250 g) من الثلج في توازن حراري ، وعندما أضفنا الى الخليط بخارًا في درجة حرارة (100 °C) كانت درجة الحرارة النهائية (34 °C) فأوجد كمية البخار المضاف .

---

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة البخار ،

$$\Delta Q = m L_v + m c \Delta T$$

$$= m \times 540 + m \times 1 \times (100 - 34)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 606 m$$

حيث (m) كمية البخار المضافة .

يكتسب الماء والثلج الحرارة على مرحلتين ، أولا : ينصهر الثلج ، وثانيا : ترتفع درجة حرارة الثلج المذاب «الماء» والماء الموجود أصلاً من (0 °C) الى (34 °C) .

$$\Delta Q = m L_f + (m_{\text{ثلج}} + m_{\text{ماء}})(34 - 0)$$

$$= 250 \times 80 + (250 + 450)(34)$$

www.utebooks.com

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 43\,800 \text{ cal}$$

وحيث أن

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$606\, m = 43\,800$$

$$m = 72.3\, g$$

مسألة رقم (2.24)

صُبّ (70g) من الرصاص المنصهر في نجوة بقطعة كبيرة من الثلج في درجة الصفر المئوي . أوجد كتلة الثلج المذاب اذا علمت أن الحرارة النوعية للرصاص ($125\ J/kg\,^\circ C$) .

الحل :

يفقد الرصاص الحرارة على مرحلتين ، الأولى : يتحول من رصاص منصهر الى رصاص صلب ، والثانية : تنخفض درجة حرارة الصلب من ($327\,^\circ C$) وهي نقطة انصهاره الى ($0\,^\circ C$) . ودرجة الحرارة النهائية لابد أن تكون ($0\,^\circ C$) لان قطعة الثلج كبيرة وبالتالي فانها لن تذوب كليا ، فتكون كمية الحرارة المفقودة بواسطة الرصاص :

$$\Delta Q = m L_f + m c \Delta T$$

$$= 70 \times 10^{-3} \times 2.32 \times 10^{4} + 70 \times 10^{-3} \times 125 \times (327 - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 4.485 \times 10^{3}\ J$$

وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج :

$$\Delta Q = m L_f$$

$$= m \times 3.337 \times 10^{5}$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 3.337 \times 10^{5}\ m$$

www.utebooks.com

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$4.485 \times 10^{3} = 3.337 \times 10^{5}\, m$$

$$m = 0.01344\ kg$$

$$= 13.44\ g$$

مسألة رقم (2.25)

يحتوي وعاء على (450g) من الماء و (550g) من الثلج في توازن حراري . أوجد درجة الحرارة النهائية اذا أضفنا للخليط بخار ماء في درجة حرارة (100°C) كتلته (35g) .

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة البخار :

$$\Delta Q = mL_v + mc\Delta T$$

$$= 35 \times 540 + 35 \times 1 \times (100 - T_F)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 22400 - 35T_F$$

حيث ($T_F$) درجة الحرارة النهائية .

تذيب كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج والماء الثلج أولا ، فيتحول الثلج الى ماء في درجة (0°C) ، ثم ترتفع درجة الحرارة للثلج المذاب «الماء» والماء الموجود أصلا الى ($T_F$) ، أي أن الحرارة المكتسبة تعطى بالعلاقة :

$$\Delta Q = mL_f + (m_{\text{ثلج}\to\text{ماء}} + m_{\text{ماء}})\, c\, \Delta T$$

$$= 550 \times 80 + (550 + 450) \times 1 \times (T_F - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 44000 + 1000\, T_F$$

وحيث أن :

www.utebooks.com

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$22400 - 35\,T_F = 44000 + 1000\,T_F$$

$$1035\,T_F = -21600$$

$$T_F = -20.9\,^{\circ}C \quad !!$$

ولكن هذه الاجابة ليست معقولة فيزيائيا، إذ أن درجة الحرارة النهائية يجب أن تكون بين ($0^{\circ}C$) و ($100^{\circ}C$). وأثبت عدم معقولية الاجابة هو أن البخار ليس كافيا لاذابة الثلج كله، فانصهر بعضه منه وبقي جزء منه دون ذوبان، مما يعني أن درجة الحرارة لن تتغير وتبقى صفرا حتى يذوب الثلج كله. أي أن درجة الحرارة النهائية تساوي صفرا.

مسألة رقم (2.26)

في المسألة السابقة، أوجد كمية البخار اللازمة لصهر الثلج كله.

الحل:

الحرارة المفقودة بواسطة البخار:

$$\Delta Q = mL_v + mc\Delta T$$

$$= m(540) + m \times 1 \times (100 - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 640\,m$$

حيث (m) كمية البخار اللازمة لصهر الثلج فقط، وليس رفع درجة حرارته. كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج يستخدمها الثلج في تغيير حالته من ثلج في ($0^{\circ}C$) الى ماء في ($100^{\circ}C$)، أي أن كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج:

www.utebooks.com

$$\Delta Q = m L_f$$
$$= 550 \times 80$$
$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 44\,000 \text{ cal}$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$
$$640m = 44000$$
$$m = 68.75 \text{ g}$$

---

مسألة رقم (2.27)

أُسقطت قطعة من الحديد كتلتها (1kg) ودرجة حرارتها (20°C) في نيتروجين سائل في درجة حرارة (77 K)، أوجد كتلة النيتروجين المتبخر. [نقطة غليان النيتروجين (77K) والحرارة الكامنة لتبخير النيتروجين (48 cal/g)].

---

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة قطعة الحديد :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$
$$= 1000 \times 0.107 \times [(20+273) - 77]$$
$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 23112 \text{ cal}$$

والحرارة المكتسبة بواسطة النيتروجين :

$$\Delta Q = m L_v$$
$$= m(48)$$
$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 48m$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

www.utebooks.com

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$22400 - 35\,T_F = 44000 + 1000\,T_F$$

$$1035\,T_F = -21600$$

$$T_F = -20.9\,^{\circ}C \quad !!$$

ولكن هذه الاجابة ليست معقولة فيزيائيا، إذ أن درجة الحرارة النهائية يجب أن تكون بين ($0^{\circ}C$) و ($100^{\circ}C$). وأثبت عدم معقولية الاجابة هو أن البخار ليس كافيا لاذابة الثلج كله، فانصهر بعضه وبقي جزء منه دون ذوبان، مما يعني أن درجة الحرارة لن تتغير وتبقى صفرا حتى يذوب الثلج كله. أي أن درجة الحرارة النهائية تساوي صفرا.

مسألة رقم (2.26)

في المسألة السابقة، أوجد كمية البخار اللازمة لصهر الثلج كله.

الحل:

الحرارة المفقودة بواسطة البخار:

$$\Delta Q = mL_v + mc\Delta T$$

$$= m(540) + m \times 1 \times (100 - 0)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 640\,m$$

حيث (m) كمية البخار اللازمة لصهر الثلج فقط، وليس رفع درجة حرارته. كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج يستخدمها الثلج في تغيير حالته من ثلج من ($0^{\circ}C$) الى ماء من ($100^{\circ}C$)، أي أن كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج:

www.utebooks.com

$$\Delta Q = m L_f$$

$$= 550 \times 80$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 44\,000 \text{ cal}$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$640m = 44\,000$$

$$m = 68.75 \text{ g}$$

---

مسألة رقم (2.27)

أُسقطت قطعة من الحديد كتلتها (1kg) ودرجة حرارتها (20°C) في نيتروجين سائل في درجة حرارة (77 K)، أوجد كتلة النيتروجين المتبخر. [نقطة غليان النيتروجين (77K) والحرارة الكامنة لتبخير النيتروجين (48 cal/g)].

---

الحل :

كمية الحرارة المفقودة بواسطة قطعة الحديد :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$= 1000 \times 0.107 \times [(20+273) - 77]$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 23112 \text{ cal}$$

والحرارة المكتسبة بواسطة النيتروجين :

$$\Delta Q = m L_v$$

$$= m(48)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 48\,m$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

www.utebooks.com

$$23112 = 48\ m$$

$$m = 481.5\ g$$

أي أن كتلة النيتروجين المتبخرة هي (481.5 g).

مسألة رقم (2.28)

أُسقطت قطع فضية كتلة كل منها (5g) ودرجة حرارتها (110°C) في ماء كتلته (375 g) ودرجة حرارته (12°C)، فارتفعت درجة حرارته إلى (34.54°C)، أوجد عدد القطع الفضية.

الحل:

كمية الحرارة المفقودة بواسطة القطع الفضية، وتتناسب أي عددها (n):

$$\Delta Q = n\ m c \Delta T$$

$$= n \times 5 \times 0.056 \times (110 - 34.54)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 21.1288\ n$$

وكمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء:

$$\Delta Q = m c \Delta T$$

$$= 375 \times 1 \times (34.54 - 12)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 8452.5\ \text{cal}$$

وحيث أن كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة،

$$21.1288n = 8452.5$$

$$n = 400$$

أي أن عدد القطع الفضية (400) قطعة.

www.utebooks.com

مسألة رقم (2.29)

أُطلقت رصاصة كتلتها (8 g) وسرعتها (220 m/s) على قطعة كبيرة من الثلج في درجة الصفر المئوي. فإذا استقرت الرصاصة في الثلج وتحولت كل طاقتها الى طاقة حرارية، أوجد كتلة الثلج المذاب.

الحل:

حيث أن التغير في طاقة الحركة يساوي الشغل المبذول، وحيث أن طاقة الحركة النهائية تساوي صفرا، فإن:

$$W = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (220)^2$$

$$W = 193.6 \text{ J}$$

ومن العلاقة:

$$W = J \Delta Q = J (m_{\text{ثلج}} L_f)$$

$$193.6 = 4.186 \times m_{\text{ثلج}} \times 80$$

$$m_{\text{ثلج}} = 0.578 \text{ g}$$

مسألة رقم (2.30)

أُضيف رصاص فنصهر كتلته (400 g) الى سعرسعته الحرارية (10.2 cal/°C) يحتوي على ماء كتلته (800 g) في درجة (15 °C) فارتفعت درجة حرارته الى (25 °C). أوجد درجة حرارة الرصاص المنصهر. [أعتبر أن الحرارة النوعية للرصاص السائل والصلب (0.038 cal/g °C)].

الحل:

تنخفض درجة حرارة الرصاص المنصهر من درجة حرارة

www.utebooks.com

( T ) الى درجة حرارة ( 327 °C ) وهي نقطة انصهاره أو « تجمده » ، عند هذه الدرجة يتحول الرصاص السائل الى رصاص صلب ، ثم تنخفض درجة حرارة الرصاص المنصهر من ( 327 °C ) الى ( 25 °C ) ، فتكون كمية الحرارة الكلية المفقودة بواسطة الرصاص :

$$\Delta Q = (mc\Delta T)_{\text{سائل}} + mL_f + (mc\Delta T)_{\text{صلب}}$$

$$= 400 \times 0.038 \times (T - 327) + 400 \times 5.53 + 400 \times 0.038 \times (327 - 25)$$

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = 15.2\,T + 1832$$

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء والوعاء :

$$\Delta Q = (mc\Delta T)_{\text{ماء}} + (mc\Delta T)_{\text{الوعاء}}$$

$$= 800 \times 1 \times (25 - 15) + 10.2 \times (25 - 15)$$

$$\Delta Q_{\text{المكتسبة}} = 8102 \text{ cal}$$

وحيث أن :

$$\Delta Q_{\text{المفقودة}} = \Delta Q_{\text{المكتسبة}}$$

$$15.2T + 1832 = 8102$$

$$T = 412.5\ ^\circ C$$

www.utebooks.com

# 3 أنتقال الحرارة

Heat transfer

ww.utebooks.com

جدول ( 1 . 3 )

الموصلية الحرارية لبعض المواد

| المادة | $\frac{W}{m\ ^\circ C}$ | $\frac{cal}{cm.s.^\circ C}$ |
|---|---|---|
| فضة | 405 | 0.97 |
| نحاس | 385 | 0.92 |
| الألومنيوم | 205 | 0.49 |
| الفولاذ | 46 | 0.11 |
| الرصاص | 34 | 0.08 |
| الزئبق | 8 | 0.02 |
| خرسانة | 0.9 | 0.0022 |
| الزجاج | 0.8 | 0.0020 |
| الماء | 0.6 | 0.0014 |

ww.utebooks.com

مسألة رقم (3.1)

ساعة معدنية طولها (1.5m) ومساحة مقطعها (8.4 cm²).
فاذا كان الفرق في درجتي الحرارة بين طرفيها (35 °C)، أوجد معدل انتقال الحرارة خلال الساعة اذا علمت أن موصلية المعدن (385 W/m°C).

الحل:

نستخدم المعادلة:

$$\Delta Q = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 385 \times (8.4 \times 10^{-4}) \left(\frac{35}{1.5}\right)$$

$$= 7.546 \text{ W}$$

مسألة رقم (3.2)

أوجد كمية الحرارة المنتقلة خلال حائط مساحته ($14 m^2$) وسمكه (30cm) في كل ساعة، اذا كانت درجة الحرارة في الداخل (27°C) وفي الخارج (5 °C). [موصلية الحائط (1.07 W/m K)].

الحل:

من المعادلة:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 1.07 \times 14 \times \frac{27-5}{0.3} \times 60 \times 60$$

$$= 3.95 \times 10^{6} \text{ J}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (3.3)

إذا كان معدل انتقال الحرارة خلال نافذة زجاجية مساحتها ($2\ m^2$) وسمكها ($2\ cm$) هو ($400\ W$)، وإذا كانت درجة حرارة الوجه الداخلي للنافذة ($25\ ^\circ C$)، أوجد درجة حرارة الوجه الخارجي، إذا علمت أن موصلية الزجاج ($0.8\ W/m\ ^\circ C$).

الحل :

من المعادلة :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k\ A\ \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$400 = 0.8 \times 2 \times \frac{25 - T}{0.02}$$

حيث ($T$) درجة حرارة الوجه الخارجي،

$$25 - T = 5$$

$$T = 20\ ^\circ C$$

//

مسألة رقم (3.4)

أوجد التدرج الحراري (Temperature gradient) في ساق من الألومنيوم* لكي تنتقل الحرارة بمعدل ($9.8\ cal/s.cm^2$)

الحل :

من المعادلة

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k\ A\ \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta Q}{A t} / A = k\ \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

* تجد الموصلية الحرارية للمواد في الجدول (3.1).

www.utebooks.com

$$9.8 = 0.49 \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta x} = 20 \ ^\circ C/cm$$

#

مسألة رقم (3.5)

تنتقل الحرارة في ساعة معدنية مساحة مقطعها ($4 cm^2$) بمعدل ($10.2 W$) . فإذا كان التدرج الحراري في الساعة ($82 ^\circ C/m$)، أوجد موصلية المعدن

الحل :

من المعادلة

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$10.2 = k \times 4 \times 10^{-4} \times 82$$

$$k = 311 \ W/m\,^\circ C$$

مسألة رقم (3.6)

ساعة معدنية طولها ($30 cm$) ، وُضعت احدى نهايتيها عند درجة حرارة ($120 ^\circ C$) ، والأخرى عند درجة حرارة ($12 ^\circ C$) ، أوجد درجة الحرارة عند مسافة ($10 cm$) من كل من النهايتين .

الحل :

كمية الحرارة المنتقلة عند النقطة (a) هي نفسها كمية الحرارة المنتقلة في الساعة، وهي نفسها كمية الحرارة المنتقلة عند النقطة (b)، ولإيجاد ($T_1$):

www.utebooks.com

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_a = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$k A \frac{120 - T_1}{0.1} = k A \frac{T_1 - 12}{0.2}$$

$$240 - 2T_1 = T_1 - 12$$

$$T_1 = 84\ ^\circ C$$

لايجاد ($T_2$) ؛

$$k A \frac{120 - T_2}{0.2} = k A \frac{T_2 - 12}{0.1}$$

$$120 - T_2 = 2T_2 - 24$$

$$T_2 = 48\ ^\circ C$$

---

مسألة رقم (3.7)

أُحيطت ساعة من الألومنيوم قطرها (6cm) وطولها (80cm) بطبقة نحاسية قطرها الخارجي (10 cm). أوجد معدل كمية الحرارة التي ستنتقل خلال هذه الساعة إذا كان الفرق في درجة الحرارة بين نهايتيها ($44^\circ C$).

---

الحل :

تنتقل الحرارة في هذه الساعة حسب المعادلة :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{الألومنيوم}} + \left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{النحاس}}$$

$$= 205 \times [3.14 \times 0.03^2] \frac{44}{0.8} + 385 \times [3.14 \times ((0.05)^2 - (0.03)^2)] \times \frac{44}{0.8}$$

$$= 31.863 + 106.383$$

$$= 138.246\ W$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (3.8)

وُضعت احدى نهايتي ساعة نحاسية طولها (20 cm) داخل قطعة كبيرة من الثلج في درجة الصفر المئوي، والنهاية الأخرى في ماء يغلي. أوجد الزمن اللازم لصهر (50 g) من الثلج، اذا علمت أن مساحة مقطع الساعة ($4\ cm^2$).

الحل:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k\ A\ \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 0.92 \times 4 \times \frac{(100-0)}{20}$$

$$= 18.4\ cal/s$$

$$\Delta Q = 18.4\ \Delta t$$

وكمية الحرارة اللازمة لصهر (50 g) من الثلج:

$$\Delta Q = m L_f$$

$$= 50 \times 80$$

$$= 4000\ cal$$

وحيث أن كمية الحرارة المنتقلة خلال الساعة في الزمن ($\Delta t$) هي كمية الحرارة التي ستصهر الثلج، فان:

$$18.4\ \Delta t = 4000$$

$$\Delta t = 217.45$$

مسألة رقم (3.9)

وُضعت غلاية فولاذية سمكها (2.5 cm) ومساحة قاعدتها ($0.2\ m^2$) بحيث تلامس فوهة موقد حراري. فاذا علمت أن الماء يغلي وأن (800 g) من الماء يتبخر كل (3) دقائق، أوجد درجة حرارة السطح السفلي للوقد.

www.utebooks.com

الحل :

معدل كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء تُعطى بالعلاقة :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m L_v}{\Delta t}$$

$$= \frac{800 \times 540}{3 \times 60}$$

$$= 2400 \text{ cal/s}$$

ومعدل كمية الحرارة المنتقلة خلال سطح الموقد :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 0.11 \times 0.2 \times 10^{4} \times \frac{T - 100}{2.5}$$

$$= 88 \ (T - 100)$$

$$= 88T - 8800$$

وحيث أن معدل كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء تساوى معدل كمية الحرارة المفقودة بواسطة الموقد ، فان :

$$2400 = 88T - 8800$$

$$88T = 11200$$

$$T = 127.3 \ ^{\circ}C$$

مسألة رقم (3.10)

وُضعت نهاية ساق نحاسية طولها (1 m) وقطرها (4 cm) فى خليط من الماء والثلج ، ووُضعت النهاية الأخرى فى ماء يغلى ، أوجد كمية الثلج التى ستنصهر فى (5) دقائق.

الحل :

كمية الحرارة التى ستنتقل خلال الساق فى (5) دقائق تُعطى

www.utebooks.com

بالعلاقة :

$$\Delta Q = k A \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t$$

$$= 0.92 \times (3.14 \times 2^2) \times \frac{100-0}{100} \times 5 \times 60$$

$$= 3466.56 \text{ cal}$$

هذه الحرارة يستخدم الثلج لكي ينصهر جزء منه، أي أن :

$$\Delta Q = m L_f$$

$$3466.56 = m \times 80$$

$$m = 43.3 \text{ g}$$

مسألة رقم (3.11)

ساقة من الفولاذ طولها (25 cm) وأخرى من النحاس طولها (35°C) متلامستان كما في الشكل . فإذا كانت النهاية الحرة لساقة الفولاذية عند درجة حرارة (80°C) ، والنهاية الحرة لساقة النحاسية عند درجة حرارة (15°C) ، وقطر كل من الساقين (4 cm) ، أوجد معدل كمية الحرارة المنتقلة في كل ساعة .

الحل :

معدل انتقال كمية الحرارة في كل ساعة عتاو ، ولإيجاد ها نجد أولا درجة الحرارة عند نقطة الالتحام ( T ) ، أي أن :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{فولاذ}} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{نحاس}}$$

$$\left(k A \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{فولاذ}} = \left(k A \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{نحاس}}$$

www.utebooks.com

$$46 \times A \times \frac{(80-T)}{0.25} = 385 \times A \times \frac{(T-15)}{0.35}$$

$$14720 - 184T = 1100T - 16500$$

$$T = 24.3\ ^\circ C$$

لإيجاد معدل انتقال كمية الحرارة خلال الساعة الفولاذية ،

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{فولاذ}} = k\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 46 \times 3.14 \times 0.02^2 \times \frac{(80-24.3)}{0.25}$$

$$= 12.8\ W$$

ولإيجاد معدل انتقال كمية الحرارة خلال الساعة النحاسية ،

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{نحاس}} = k\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 385 \times 3.14 \times 0.02^2 \times \frac{(24.3-15)}{0.35}$$

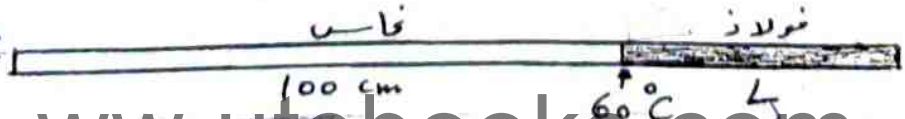
$$= 12.8\ W$$

أي أن معدل انتقال كمية الحرارة في كل ساعة متساوٍ .

---

مسألة رقم (3.12)

تتكون ساعة مركبة من ساقين، أحدهما نحاس والأخرى فولاذ متلامستين كما في الشكل ، فإذا كان طول ساعة النحاس (100 cm) ونهايتها الحرة في ماء يغلي ، وطول ساعة الفولاذ (L) ونهايتها الحرة في درجة (0°C) ، ودرجة الحرارة عند نقطة التلامس (60°C) ، أوجد معدل كمية الحرارة المنتقلة خلال الساعة ، وطول ساعة الفولاذ ، إذا علمت أن ساعة مقطع كل ساعة ($5\ cm^2$).




www.utebooks.com

الحـــل :

معدل كمية الحرارة المنتقلة خلال ساق النحاس ،

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 385 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{(100-60)}{1}$$

$$= 7.7\ W$$

ومعدل كمية الحرارة هذه ستنتقل أيضا خلال ساق الفولاذ أي:

$$7.7 = 46 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{60-0}{L}$$

$$L = 0.179\ m = 17.9\ cm$$

مسألة رقم (3.13)

لوح زجاجي سمكه (5 mm) وآخر من الفلين سمكه (3 mm) متلاصقان . فاذا كان وجه لوح الزجاج الخارجي في درجة حرارة (100 °C) ، ووجه اللوح الخارجي للفلين في درجة حرارة (20 °C)، ومساحة كل لوح (20 cm²) ، أوجد درجة الحرارة عند تلاصق اللوحين ، وأوجد كمية الحرارة المنتقلة خلال اللوحين . [الموصلية الحرارية للزجاج (0.7 W/mK) ، وللفلين (0.06 W/mK)]

الحـــل :

معدل كمية الحرارة المنتقلة خلال كل لوح تُعطى بالعلاقة :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{زجاج}} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{فلين}}$$

$$\left(kA\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{زجاج}} = \left(kA\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{\text{فلين}}$$

$$0.7 \times A \times \frac{(100-T)}{5 \times 10^{-3}} = 0.06 \times A \times \frac{T-20}{3 \times 10^{-3}}$$

www.utebooks.com

حيث ( T ) درجة الحرارة عند تلاصق الوجهين .

$$160\,T = 14400$$

$$T = 90\ ^\circ C$$

ويكون معدل انتقال الحرارة خلال اللوح :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{زجاج}} = k\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 0.7 \times 20 \times 10^{-4} \times \frac{100-90}{5\times10^{-3}}$$

$$= 2.8\ W$$

أو :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{فلين}} = 0.06 \times 20 \times 10^{-4} \times \frac{90-20}{3\times10^{-3}}$$

$$= 2.8\ W$$

---

مسألة رقم (3.14)

مكعب زجاجي طول ضلعه (10 cm) وسمك كل وجه (1.5 mm) محلوء بثلج عند درجة الصفر المئوي . فاذا وضع المكعب في فرن درجة حرارته (100°C) ، أوجد معدل كمية الثلج المذاب . [ الموصلية الحرارية للزجاج (1.0 W/m K) ] .

---

الحل :

معدل انتقال الحرارة خلال كل وجه :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$= 1 \times (0.1)^2 \times \frac{(100-0)}{1.5\times10^{-3}}$$

$$= 666.67\ W$$

أي أن معدل انتقال الحرارة خلال الوجوه الستة للمكعب :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 6 \times 666.67$$

$$= 4000\ W$$

www.utebooks.com

ضد الحرارة يستخدم الثلج للانصهار، أي أن:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t} \times L_f$$

حيث ($\frac{m}{\Delta t}$) معدل كمية الثلج المنابة

$$4000 = \frac{m}{\Delta t} \times 3.337 \times 10^5$$

أي أن:

$$\frac{m}{\Delta t} = 0.01199 \text{ kg/s}$$

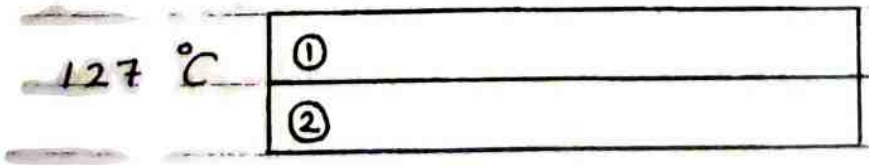
$$= 11.99 \text{ g/s}$$

أي أن (11.99 g) من الثلج تنصهر كل ثانية.

---

مسألة رقم (3.15)

وُصل ساقان من معدنين مختلفين طول كل منهما (60 cm) ومساحة مقطع كل منهما ($4.5\ cm^2$) كما في الشكل. فإذا كانت الموصلية الحرارية للمعدن الأول ($18\ W/m^\circ C$) وللثاني ($25\ W/m^\circ C$)، أوجد معدل انتقال الحرارة خلال الساقين.




الحل:

معدل كمية الحرارة المنتقلة خلال الساقين هو مجموع معدل كمية الحرارة المنتقلة خلال كل ساق، أي أن:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{الكلية}} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{①} + \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{②}$$

$$= \left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{①} + \left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{②}$$

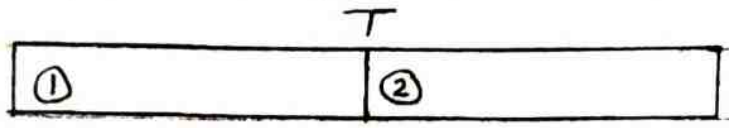
$$= 18 \times 4.5 \times 10^{-4} \times \frac{(127-7)}{0.6} + 25 \times 4.5 \times 10^{-4} \times \frac{(127-7)}{0.6}$$

www.utebooks.com

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{الكلية}} = 3.87 \text{ W}$$

مسألة رقم (3.16)

إذا وُصلت الساقان في المسألة السابقة كالآتي :




أوجد معدل انتقال الحرارة خلال الساقين .

الحل :

في هذه الحالة يكون معدل انتقال الحرارة في الساق الأولى هو نفسه معدل انتقال الحرارة في الساق الثانية ، أي أن :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_1 = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_2$$

$$\left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{①} = \left(kA \frac{\Delta T}{\Delta x}\right)_{②}$$

نجد أولا درجة الحرارة (T) عند نقطة التلاحم ،

$$18 \times \frac{(127 - T)}{0.6} = 25 \frac{(T - 7)}{0.6}$$

$$3810 - 30T = 41.7T - 291.7$$

$$T = 57.2 \text{ °C}$$

فيكون معدل كمية الحرارة في الساق الرئيسة :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{①} = 18 \times 4.5 \times 10^{-4} \times \frac{(127 - 57.2)}{0.6}$$

$$= 0.94 \text{ W}$$

أو :

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{②} = 25 \times 4.5 \times 10^{-4} \times \frac{(57.2 - 7)}{0.6}$$

$$= 0.94 \text{ W}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (3.17)

جسم مساحته السطحية ($200\ cm^2$) ودرجة حرارته ($127^\circ C$). أوجد معدل انبعاث الطاقة الحرارية عن الجسم اذا علمت أن انبعاثية سطحه (0.7).

الحل :

نستخدم المعادلة :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma A T^4$$

$$= 0.7 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (200 \times 10^{-4})(127+273)^4$$

$$= 20.32\ W$$

مسألة رقم (3.18)

صفيحة معدنية مربعة طول ضلعها (15 cm)، ودرجة حرارتها ($200^\circ C$). أوجد معدل انبعاث الطاقة الحرارية عنها اذا علمت أن انبعاثية سطح الصفيحة (0.9).

الحل :

نستخدم المعادلة :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma A T^4$$

ومع مراعاة أن الصفيحة لها وجهان، نجد أن :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 0.9 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 2(0.15)^2 \times (200+273)^4$$

$$= 114.9\ W$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (3.19)

وُضعت كرة قطرها (20 cm) ودرجة حرارتها (317°C) في حجرة درجة حرارتها (17°C). أوجد معدل الاشعاع الصادر المنبعث عن الكرة، علما بأن انبعاثية سطحها (0.8).

الحل:

معدل الاشعاع الصادر هو الفرق بين معدل الاشعاع المنبعث والاشعاع الممتص، أي أن:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{الصادر}} = e\sigma A T_e^4 - e\sigma A T_a^4$$

$$= e\sigma A (T_e^4 - T_a^4)$$

$$= 0.8 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 4 \times 3.14 \times 0.1^2 \times [(317+273)^4 - (17+273)^4]$$

$$= 649 \ W$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (3.20)

فتيلة مصباح قطرها (0.1 mm)، ودرجة حرارتها (2500K). فإذا كانت انبعاثية الفتيلة (0.35) وقدرة المصباح (40W)، أوجد طول الفتيلة.

الحل:

معدل الإشعاع المنبعث عن الفتيلة:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_e = e\,\sigma\,A\,T_e^4$$

$$= e\,\sigma\,(2\pi r l)\,T_e^4$$

حيث (r) قطر الفتيلة، و (l) طول الفتيلة.

$$40 = 0.35 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 2 \times 3.14 \times 0.05 \times 10^{-3} \times l \times (2500)^4$$

$$= 243.4\,l$$

$$l = 0.164\ m = 16.4\ cm$$

مسألة رقم (3.21)

وُجد أن معدل الإشعاع الشمسي الذي يصل الأرض لكل المربع الواحد حوالي ($6 \times 10^7\ W$). أحسب درجة حرارة الشمس السطحية بفرض أن الشمس جسم معتم.

الحل:

معدل انبعاث الحرارة عن الشمس لكل المربع الواحد:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t}/A = e\,\sigma\,T^4$$

$$6 \times 10^7 = 1 \times 5.67 \times 10^{-8} \times T^4$$

$$T^4 = 1058 \times 10^{12}\ K^4$$

$$T = 5.703 \times 10^3\ K$$

$$= 5703\ K$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (3.22)

وُضعت اسطوانة معدنية قطرها (30 cm) وطولها (1.8 m) و درجة حرارتها (400°C) في غرفة درجة حرارتها (24 °C)، أوجد معدل الاشعاع الصافي للاسطوانة، اذا كانت انبعاثية سطحها (0.43).

الحل:

باستخدام المعادلة:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{net} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_e - \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_a$$

$$= e\sigma A (T_e^4 - T_a^4)$$

حيث (A) المساحة الكلية للاسطوانة، وهي المساحة الجانبية مضافا اليها مساحة القاعدتين، أي أن:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{net} = e\sigma (2\pi r l + 2\pi r^2)(T_e^4 - T_a^4)$$

$$= 0.43 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (2 \times 3.14 \times 0.15 \times 1.8 + 2 \times 3.14 \times 0.15^2)[(400+273)^4 - (24+273)^4]$$

$$= 9.18 \times 10^3 - 348.43$$

$$= 8831.57 \text{ W}$$

www.utebooks.com

# 4 الديناميكا الحرارية

# Thermodynamics

ww.utebooks.com

جدول ( 4 . 1 )

الحرارة النوعية لبعض الغازات عند درجة حرارة ( 25°C )

| $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ | $C_p - C_v$ ($J.mol^{-1}.K^{-1}$) | $C_v$ ($J.mol^{-1}.K^{-1}$) | الغاز Gas | نوع الغاز |
|---|---|---|---|---|
| 1.63 | 8.04 | 12.8 | He | أحادي الذرة Monatomic |
| 1.64 | 8.12 | 12.7 | Ne | |
| 1.65 | 8.20 | 12.6 | Ar | |
| 1.69 | 8.49 | 12.3 | Kr | |
| [ 1.67 ] | [ 8.31 ] | [ 12.5 ] | [ Ideal ] | |
| 1.40 | 8.25 | 20.6 | $H_2$ | ثنائي الذرة Diatomic |
| 1.40 | 8.33 | 20.8 | $N_2$ | |
| 1.40 | 8.33 | 21.1 | $O_2$ | |
| [ 1.40 ] | [ 8.31 ] | [ 20.8 ] | [ Ideal ] | |
| 1.30 | 8.50 | 28.5 | $CO_2$ | متعدد الذرة Polyatomic |
| 1.31 | 8.79 | 28.5 | $NH_3$ | |
| [ 1.33 ] | [ 8.31 ] | [ 24.9 ] | [ Ideal ] | |

ww.utebooks.com

مسألة رقم (4.1)

أوجد عدد الجزيئات في (10g) من الماء، وعدد الجزيئات في (10g) من ملح الطعام ($NaCl$).

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

حيث ($m$) الكتلة بالجرام، و ($M$) الوزن الجزيئي، و ($N$) عدد الجزيئات، و ($N_A$) عدد أفوجادرو، ويساوي:

$(6.022 \times 10^{23}\ molecules/mole)$.

ونعيد كتابة العلاقة السابقة كالآتي :

$$N = N_A \frac{m}{M}$$

فيكون عدد الجزيئات في (10g) من الماء ($H_2O$) :

$$N = 6.022 \times 10^{23} \times \frac{10}{18}$$

حيث (18) الوزن الجزيئي للماء ($H_2O$) و هـ ($2+16$) فتكون:

$$N = 3.35 \times 10^{23}\ molecules$$

أما الوزن الجزيئي ($M$) لملح الطعام ($NaCl$) فهو :

($23 + 35.45 = 58.45$) ، فتكون

$$N = 6.022 \times 10^{23} \times \frac{10}{58.45}$$

$$= 1.03 \times 10^{23}\ molecules$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.2)

سُخن غاز عند ضغط ثابت الى أن تضاعف حجمه . فاذا كانت درجة حرارة الغاز الابتدائية ( -23 °C ) . أوجد درجة حرارته النهائية.

الحل :

باستخدام العلاقة :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{P V}{(-23+273)} = \frac{P (2V)}{T_2}$$

$$T_2 = 500\ K = 227\ ^\circ C$$

44.63

مسألة رقم (4.3)

أوجد كتلة ( $1\ m^3$ ) من غاز ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) عند درجة الحرارة والضغط العياريين ( STP )*.

الحل :

نجد أولا عدد المولات من معادلة الحالة للغاز المثالي :

$$PV = nRT$$

$$1.013 \times 10^5 \times 1 = n \times 8.314 \times (0 + 273)$$

$$n = 44.63\ moles$$

ونجد الكتلة من العلاقة :

$$m = nM$$

* Standard Temperature and Pressure: ( STP ) أي عند ( $0^\circ C$ ) وضغط جوي واحد ( $1\ atm$ ) وهو ما يعادل ( $1.013 \times 10^5\ Pa$ ).

www.utebooks.com

حيث (M) الوزن الجزيئي لثاني أكسيد الكربون و(12 + 32 = 44 g/mole)،

$$m = 44.63 \times 44$$

$$= 1963.72\ g = 1.96\ kg$$

مسألة رقم (4.4)

أحسب عدد الجزيئات لغاز حجمه ($1\ cm^3$) وضغطه الكلي ($2.3 \times 10^{-12}\ atm$) ودرجة حرارته ($27\ ^\circ C$).

الحل :

نستخدم المعادلة :

$$pV = N\ k\ T$$

$$(2.3 \times 10^{-12} \times 1.013 \times 10^{5}) \times 1 \times 10^{-6} = N \times 1.381 \times 10^{-23} \times (27 + 273)$$

$$N = 5.62 \times 10^{7}\ molecules$$

مسألة رقم (4.5)

أوجد الكثافة النوعية لغاز الأكسجين ($O_2$) عند (STP).

الحل :

من معادلة الغاز المثالي :

$$pV = nRT$$

$$= \frac{m}{M} RT$$

$$pM = \frac{m}{V} RT$$

$$pM = \rho RT$$

حيث ($\rho = \frac{m}{V}$) وهي كثافة الأكسجين ، وبالتعويض نجد أن :

www.utebooks.com

$$1.013\times10^{5}\times32\times10^{-3}=\rho\times8.314\times(0+273)$$

$$\rho=1.428\ kg/m^3$$

$$=1.428\times10^{-3}\ g/cm^3$$

أي أن الكثافة النوعية لغاز الأكسجين ($1.428\times10^{-3}$)

مسألة رقم (4.6)

أوجد متوسط طاقة الحركة لجزئ من غاز النيتروجين ($N_2$) عند درجة حرارة ($-13\ ^\circ C$)، وأوجد جذر متوسط مربع السرعة ($v_{rms}$).

الحل :

من العلاقة :

$$\frac{1}{2}mv^2=\frac{3}{2}kT$$

$$=\frac{3}{2}\times1.381\times10^{-23}\times(-13+273)$$

$$=5.39\times10^{-21}\ J$$

ولإيجاد ($v_{rms}$)، نستخدم العلاقة :

$$v_{rms}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

حيث (M) الوزن الجزيئي لغاز النيتروجين وهو ($28\times10^{-3}\ kg/mol$).

$$v_{rms}=\sqrt{\frac{3\times8.314\times(-13+273)}{28\times10^{-3}}}$$

$$=481.3\ m/s$$

ونستطيع أن نصل إلى نفس النتيجة إذا استخدمنا العلاقة :

www.utebooks.com

$$\frac{1}{2} m \bar{c}^2 = \frac{3}{2} kT$$

$$c_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad (1)$$

حيث $(m)$ كتلة جزئ غاز النيتروجين، ولتعيين إيجادها من العلاقة :

$$m = \frac{M}{N_A}$$

حيث $(M)$ الوزن الجزيئي لغاز النيتروجين ،

$$m = \frac{28 \times 10^{-3}}{6.022 \times 10^{23}}$$

$$= 4.65 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

وبالتعويض في (1) نجد :

$$c_{rms} = \sqrt{\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \times (-13+273)}{4.65 \times 10^{-26}}}$$

$$= 481.3 \text{ m/s}$$

مسألة رقم (4.7)

أوجد جذر متوسط مربع السرعة ($c_{rms}$) لجزئ غاز الهيليوم عند (STP)، اذا كانت كثافة الغاز ($0.18 \text{ kg/m}^3$).

الحل :

باستخدام العلاقة :

$$c_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 1.013 \times 10^5}{0.18}}$$

$$= 1299 \text{ m/s}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.8)

غاز حجمه ($500 cm^3$) عند درجة حرارة ($-18\ ^\circ C$) وضغط كلي مقداره ($1.7 \times 10^5\ Pa$). أوجد ضغط الغاز عندما يصبح حجمه ($750 cm^3$) ودرجة حرارته ($37\ ^\circ C$).

الحل:

نستخدم المعادلة:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1.7 \times 10^5)(500 \times 10^{-6})}{(-18 + 273)} = \frac{P_2\ (750 \times 10^{-6})}{(37 + 273)}$$

$$P_2 = 1.38 \times 10^5\ Pa$$

مسألة رقم (4.9)

تحتوي اسطوانة على غاز الأكسجين «حجم الاسطوانة ثابت» تحت ضغط كلي مقداره ($12 \times 10^5\ Pa$) عندما كانت درجة الحرارة ($27\ ^\circ C$). أوجد الضغط عندما تنخفض درجة الحرارة الى الصفر المئوي.

الحل:

باستخدام العلاقة:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{12 \times 10^5 \times V}{(27 + 273)} = \frac{P_2 V}{(0 + 273)}$$

$$P_2 = 10.92 \times 10^5\ Pa$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (4.10)

أحسب الوزن الجزيئي لغاز درجة حرارته (20 °C) وحجمه (1.25 litre)* وكتلته (2.7 g) إذا كان تحت ضغط جوي واحد.

الحل :

نجد عدد المولات من معادلة الحالة للغاز المثالي :

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{pV}{RT}$$

$$= \frac{(1.013 \times 10^5)(1.25 \times 10^{-3})}{8.314 \times (20 + 273)}$$

$$= 0.052 \text{ moles}$$

وحيث أن :

$$n = \frac{m}{M}$$

$$M = \frac{m}{n} = \frac{2.7}{0.052} = 51.92 \text{ g/mol}$$

مسألة رقم (4.11)

ارتفعت درجة حرارة (5 litre) من غاز النيتروجين من (-7 °C) الى (43 °C) فتضاعف ضغطه. أوجد حجم الغاز النهائي.

الحل :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

* $1\ell = 1 \text{ litre} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3$

www.utebooks.com

$$\frac{p \times 5}{(-7+273)} = \frac{2p\,(V_2)}{(43+273)}$$

$$V_2 = 2.97 \text{ litre}$$

مسألة رقم (4.12)

سُخن ($1000\ cm^3$) من غاز النيتروجين تحت ضغط كلي مقداره ($2.3 \times 10^5\ Pa$) ودرجة حرارة (290 K) الى أن تضاعف حجمه وضغطه. أوجد درجة الحرارة النهائية، وأوجد كتلة النيتروجين.

الحل :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{p\,V}{290} = \frac{2p \times 2V}{T_2}$$

$$T_2 = 1160\ K = 887\ ^\circ C$$

ولايجاد كتلة النيتروجين نجد أولا عدد المولات من المعادلة :

$$pV = nRT$$

$$(2.3 \times 10^5)(1000 \times 10^{-6}) = n \times 8.314 \times 290$$

$$n = 0.0954 \text{ moles}$$

وحيث أن :

$$m = nM$$

$$= 0.0954 \times 28$$

$$= 2.67\ g$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.13)

يحتوي مكعب طول ضلعه (25 cm) على غاز عدد جزيئاته ($8 \times 10^{23}$ molecules). فاذا كانت درجة حرارة الغاز ($-3^{\circ}C$)، أوجد القوة التي يؤثر بها الغاز على أحد وجوه المكعب.

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$F = pA \qquad (1)$$

حيث (F) القوة على وجه المكعب، و (p) ضغط الغاز، و (A) مساحة وجه المكعب. نجد أولا ضغط الغاز من المعادلة :

$$pV = NkT$$

$$p(0.25)^3 = 8 \times 10^{23} \times 1.381 \times 10^{-23} \times (-3+273)$$

$$p = 1.91 \times 10^5 \ Pa$$

وبالتعويض عن (p) في المعادلة (1) :

$$F = 1.91 \times 10^5 \times (0.25)^2$$

$$= 1.19 \times 10^4 \ N$$

مسألة رقم (4.14)

نقص حجم غاز من (15 l) الى (2 l) تحت تأثير ضغط ثابت مقداره (50 kPa). أحسب الشغل المبذول.

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$W = p(V_2 - V_1)$$

$$= 50 \times 10^3 (2 \times 10^{-3} - 15 \times 10^{-3})$$

$$= -650 \ J$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.15)

تمدد غاز مثالي مقداره (2 mole) الى ضعف حجمه في عملية أيزوثيرمية عند درجة حرارة (−23 °C). أوجد الشغل المبذول والتغير في الطاقة الداخلية وكمية الحرارة المكتسبة.

الحل:

حيث أن العملية ايزوثرمية:

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 2 \times 8.314 \times (-23+273) \ln \frac{2V}{V}$$

$$= 4157 \times (0.693)$$

$$= 2880.8 \text{ J}$$

وحيث أن العملية ايزوثرميه، فانه لا يوجد تغير في الطاقة الداخلية، أي:

$$\Delta U = 0.0 \text{ J}$$

وبالتعويض في القانون الأول للديناميكا الحرارية عن (W) و (ΔU):

$$Q = \Delta U + W$$

$$= 0 + 2880.8$$

$$Q = 2880.8 \text{ J}$$

مسألة رقم (4.16)

أوجد مقدار التغير في الطاقة الداخلية لمول واحد من غاز الهيليوم* اذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار (50°C)، وذلك:

أ- عند ثبوت الحجم. ب- عند ثبوت الضغط.

الحل:

* تجد الحرارة النوعية لبعض الغازات في الجدول (4.1).

www.utebooks.com

لاحظ أننا لم نضف (273°C) الى مقدار الارتفاع فى درجة الحرارة ـ لماذا؟

ـ

وكذلك عند ثبوت الضغط، فان :

$$\Delta U = 640\ J$$

وذلك لان التغيّر فى الطاقة الداخلية يعتمد فقط على مقدار التغيّر فى درجة الحرارة.

مسألة رقم (4.17)

انكمش غاز مثالى حجمه ($500\ cm^3$) وضغطه ($3\times10^6\ Pa$) بعملية ايزوترمية الى ($300\ cm^3$). أوجد كمية الحرارة المفقودة.

الحل :

من القانون الأول للديناميكا الحرارية،

$$Q = W + \Delta U$$

فى العملية الايزوترمية تكون ($\Delta U = 0$)، أى أن :

$$Q = W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (1)$$

ومن معادلة الغاز المثالى :

$$pV = nRT$$

وبالتعويض عن ($nRT$) فى المعادلة (1)، نجد أن :

$$Q = pV \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 3\times10^6 \times 500 \times 10^{-6} \ln \frac{300}{500}$$

$$= 1500 \times (-0.51)$$

$$= -765\ J$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (4.18)

أوجد الشغل المبذول لضغط (8.4 g) من غاز النيتروجين عند درجة حرارة (27 °C) أيزوثرميا الى $\frac{1}{4}$ حجمه الأصلي. وأوجد أيضا التغير في الطاقة الداخلية وكمية الحرارة المفقودة.

الحل:

نستخدم المعادلة

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= \frac{8.4}{28} \times 8.314 \times (27+273) \ln \frac{1}{4}$$

$$= (748.26) \times (-1.386)$$

$$= -1037 \text{ J}$$

حيث أن العملية الايزوثرمية، فان ($\Delta U = 0$ J).

وبالتعويض في القانون الأول للديناميكا الحرارية:

$$Q = \Delta U + W$$

$$= 0 + (-1037)$$

$$= -1037 \text{ J}$$

مسألة رقم (4.19)

تمدد (0.5 mole) من الهواء حجمه (10 l) عند ضغط ($2 \times 10^5$ Pa) ودرجة حرارة (487 K) أيزوثرميا. فاذا كانت كمية الحرارة المكتسبة (2538 J)، أوجد الحجم النهائي.

الحل:

في العملية الايزوثرمية تكون ($\Delta U = 0$ J)، ويكون الشغل المبذول

www.utebooks.com

مساوية للكمية الحرارة ، وباستخدام المعادلة :

$$W = Q = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$2538 = 0.5 \times 8.314 \times 487 \ln \frac{V_2}{10}$$

$$\ln \frac{V_2}{10} = 1.25$$

وبأخذ اللوغاريتم الطبيعي المقابل للطرفين نجد أن :

$$\frac{V_2}{10} = 3.5$$

$$V_2 = 35 \text{ litre}$$

---

مسألة رقم (4.20)

في عملية ديناميكية حرارية يفقد نظام كمية من الحرارة مقدارها (40 J) ويبذل شغلا مقداره (15 J). أوجد الطاقة الداخلية النهائية للنظام اذا علمت أن الطاقة الداخلية الابتدائية كانت (190 J).

---

الحل :

من القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$40 = 15 + \Delta U$$

$$\Delta U = U_f - U_i = 25 \text{ J}$$

$$U_f - 190 = 25$$

$$U_f = 215 \text{ J}$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (4.21)

يتمدد غاز حجمه (15 l) تحت تأثير ضغط ثابت مقداره ($3 \times 10^5$ Pa) الى ضعف حجمه. أوجد الشغل المبذول.

الحل :

نستخدم العادلة :

$$W = p(V_f - V_i)$$
$$= 3 \times 10^5 \ (30 \times 10^{-3} - 15 \times 10^{-3})$$
$$= 4500 \text{ J}$$

مسألة رقم (4.22)

تمدد (0.4 mol) من غاز درجة حرارته (-15°C) بعملية ايزوثرمية حتى أصبح (5) أضعاف حجمه. أوجد الشغل المبذول، والتغير في الطاقة الداخلية، وكمية الحرارة المكتسبة.

الحل :

بما أن العملية ايزوثرمية، فاننا نجد الشغل من العادلة :

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$
$$= 0.4 \times 8.314 \times (-15 + 273) \ln \frac{5}{1}$$
$$= 858 \times (1.61)$$
$$= 1381.38$$

وبما أن العملية ايزوثرمية فان ($\Delta T = 0$) ، ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$
$$= 1381.38 + 0$$
$$Q = 1381.38 \text{ J}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.23)

تحتوى اسطوانة ذات مكبس متحرك على غاز ضغطه ($1.013 \times 10^5$ Pa). وعندما اكتسب الغاز كمية من الحرارة مقدارها ($3.8 \times 10^4$ cal) عند ثبوت ضغطه تغيرت طاقته الداخلية بمقدار ($1.2 \times 10^4$ cal). أوجد مقدار التغير فى حجم الغاز.

الحل :

نستخدم القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = p \Delta V + \Delta U$$

$$3.8 \times 10^4 \times 4.186 = 1.013 \times 10^5 \Delta V + 1.2 \times 10^4 \times 4.186$$

$$\Delta V = 1.074 \ m^3$$

مسألة رقم (4.24)

يبذل غاز شغلاً مقداره (4500 J) على محيطه فى عملية ايزوترمية ويتمدد الى حجم (15 l) وضغط ($1.5 \times 10^5$ Pa). أحسب حجم الغاز الابتدائى، والتغير فى الطاقة الداخلية، وكمية الحرارة المكتسبة.

الحل :

حيث أن العملية أيزوترمية، فان الشغل المبذول يعطى بالعلاقة :

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

ولكن من معادلة الغاز المثالى :

$$pV = nRT$$

نعوض عن (nRT) فى المعادلة (1) :

$$W = p_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

www.utebooks.com

$$4500 = 1.5\times10^{5}\times15\times10^{-3}\ \ln\frac{15}{V_1}$$

$$\ln\frac{15}{V_1} = 2$$

وبأخذ اللوغاريتم الطبيعي المقابل للطرفين:

$$\frac{15}{V_1} = 7.389$$

$$V_1 = 2.03\ litre$$

وحيث أن العملية ايزوترمية فان ($\Delta U = 0$ J)، وكمية الحرارة المكتسبة تساوي الشغل المبذول، أي ($Q = 4500$ J).

مسألة رقم (4.25)

نقصت الطاقة الداخلية لنظام بمقدار (800 J)، وفي نفس الوقت بُذل شغل على النظام بمقدار (250 J). أوجد كمية الحرارة التي فقدها أو اكتسبها النظام.

الحل:

نستخدم القانون الأول للديناميكا الحرارية:

$$Q = W + \Delta U$$

وحيث أن الطاقة الداخلية للنظام قد نقصت، فان:

$$\Delta U = -800\ J$$

وحيث أن المحيط بذل شغلاً على النظام، فان:

$$W = -250\ J$$

أي أن:

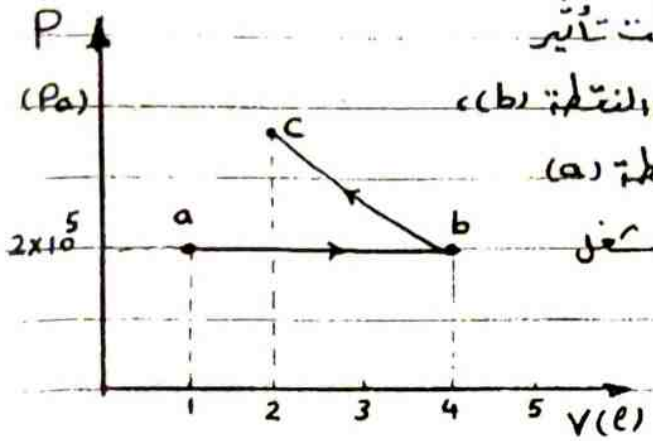
$$Q = -250 - 800$$

$$= -1050\ J$$

بمعنى أن النظام قد فقد كمية من الحرارة مقدارها (1050 J).

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.26)




في الشكل، تمدد غاز تحت تأثير ضغط ثابت من النقطة (a) الى النقطة (b)، ثم ضُغط أيزوترميا من النقطة (b) الى النقطة (c). أوجد الشغل الكلي المبذول.

الحل :

تمدد الغاز من حجم (1 ℓ) الى حجم (4 ℓ) تحت تاثير ضغط ثابت مقداره ($2\times10^5$ Pa)، فيكون الشغل المبذول :

$$W = p(V_2 - V_1)$$
$$= 2\times10^5 (4\times10^{-3} - 1\times10^{-3})$$
$$= 600 \text{ J}$$

ثم ضغط الغاز أيزوترميا من (4 ℓ) الى (2 ℓ)، في هذه الحالة يُعطى الشغل بالعلاقة :

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$
$$= p_b V_b \ln \frac{V_2}{V_1}$$

حيث ($p_b$) الضغط عند النقطة (b)، و ($V_b$) الحجم عند النقطة (b).

$$W = 2\times10^5 \times 4\times10^{-3} \ln \frac{2}{4}$$
$$= 800 \times (-0.693)$$
$$= -554.4 \text{ J}$$

أي أن الشغل الكلي المبذول :

$$W = 600 - 554.4$$
$$= 45.6 \text{ J}$$

www.utebooks.com

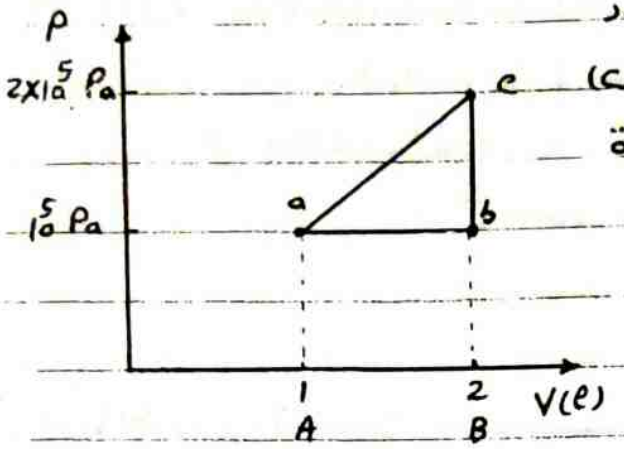
مسألة رقم (4.27)

في الشكل، عندما يتمدد النظام من النقطة (a) الى النقطة (c) مباشرة فانه يمتص كمية من الحرارة مقدارها (180 J).

أ- أوجد الشغل المبذول.

ب- أوجد ($U_c$)، اذا كانت ($U_a = 100$ J).

جـ- أوجد الشغل المبذول عندما يرجع الغاز الى النقطة (a) ماراً بالنقطة (b).




الحل:

أ- الشغل المبذول في هذه الحالة يعطى بالعلاقة:

$$W = \int_a^c p\,dV$$

ونتيجة التكامل هي المساحة تحت الخط المستقيم (ac)، أي أنها مساحة المثلث (abc) مضافاً اليه مساحة المستطيل (aABc)، أي أن:

$$W = \frac{1}{2}(2-1)\times10^{-3}\times(2-1)\times10^5 + (2-1)\times10^{-3}\times1\times10^5$$

$$= 150 \text{ J}$$

ب- من القانون الأول للديناميكا الحرارية:

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = W + (U_c - U_a)$$

$$180 = 150 + (U_c - 100)$$

$$U_c = 130 \text{ J}$$

جـ- الشغل المبذول من النقطة (c) الى النقطة (b) يساوي صفراً، حيث أن الحجم لم يتغير، أي أن الشغل المبذول من

www.utebooks.com

النقطة (b) الى النقطة (a)، والتي تم تحت تأثير ضغط ثابت مقداره ($10^5\ P_a$)، فانه يُعطى بالعلاقة :

$$W = p\,(V_2 - V_1)$$
$$= 10^5\,(1\times10^{-3} - 2\times10^{-3})$$
$$= -100\ J$$

مسألة رقم (4.28)

اذا كانت ($\gamma = 1.64$)، أوجد الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط ($C_p$).

الحل :

العلاقة بين ($C_p$) و ($C_v$) هي :

$$C_p - C_v = R \quad \ldots (1)$$

وبقسمة الطرفين على ($C_v$) :

$$\frac{C_p}{C_v} - 1 = \frac{R}{C_v}$$
$$\gamma - 1 = \frac{R}{C_v}$$

$$1.64 - 1 = \frac{8.314}{C_v}$$
$$C_v = 13\ J/mol\ K$$

وبالتعويض عن ($C_v$) في المعادلة (1) نجد أن :

$$C_p - 13 = 8.314$$
$$C_p = 21.314\ J/mol\ K$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.29)

أوجد ($\gamma$) لغاز ثنائي الذرة.

الحل :

نجد أولا ($C_v$) لغاز ثنائي الذرة من العلاقة :

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

$$= \frac{5}{2} \times 8.314$$

$$= 20.785 \quad J/mol\ K$$

ثم نجد ($C_p$) من العلاقة :

$$C_p - C_v = R$$

$$C_p - 20.785 = 8.314$$

$$C_p = 29.1 \quad J/mol\ K$$

أي أن :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{29.1}{20.785} = 1.4$$

مسألة رقم (4.30)

تمدد غاز بالمكبس شغلا مقداره (740 J)، أوجد كمية الحرارة المكتسبة، والتغير في الطاقة الداخلية، إذا تمدد الغاز :

أ- أيزوثرميا . ب- أديباتيا .

الحل :

أ- في العملية الايزوثرمية تكون ($\Delta U = 0$)، ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = W + 0$$

$$Q = 740\ J$$

www.utebooks.com

ب - في العملية الأديباتية تكون ($Q = 0$)، ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$0 = 740 + \Delta U$$

$$\Delta U = -740 \text{ J}$$

مسألة رقم (4.31)

أوجد الشغل المبذول في عملية أديباتية لغاز عندما تتغير درجة حرارته من ($15^\circ C$) الى ($95^\circ C$)، اذا علمت أن عدد مولات الغاز ($2 \text{ mol}$)، وأن ($C_v = 12.5 \text{ J/mol K}$).

الحل :

في العملية الأديباتية تكون ($Q = 0$)، ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$0 = W + \Delta U$$

$$W = -\Delta U$$

وحيث أن ($\Delta U$) تعتمد فقط على التغير في درجة الحرارة، فإن:

$$W = -\Delta U = -n C_v (T_2 - T_1)$$

$$= -2 \times 12.5 \times (95 - 15)$$

$$= -2000 \text{ J}$$

ww.utebooks.com

مسألة رقم (4.32)

تمددت كمية من غاز الأكسجين عند درجة حرارة ($-50^{\circ}C$) أديباتيا الى (4) أضعاف حجمها، أوجد درجة حرارة الغاز النهائية . ($\gamma = 1.4$) .

الحل :

نستخدم العلاقة :

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$(-50+273)(V)^{1.4-1} = T_2 (4V)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 223 \left(\frac{V}{4V}\right)^{0.4}$$

$$= 223 \left(\frac{1}{4}\right)^{0.4}$$

$$= 223 (0.574)$$

$$= 128\ K = -145\ ^{\circ}C$$

مسألة رقم (4.33)

تمدد (1 mol) من الهواء ($\gamma = 1.4$) ضغطه (100 kPa) ودرجة حرارته (300 K) أديباتيا الى (5) أضعاف حجمه . أوجد ضغطه ودرجة حرارته النهائيين .

الحل :

العلاقة بين الضغط والحجم في العملية الأديباتية :

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

www.utebooks.com

$$100\times10^{3} \times V^{1.4} = P_2 (5V)^{1.4}$$

$$P_2 = 10^5 \times (\tfrac{1}{5})^{1.4}$$

$$= 10^5 \times (1.05)$$

$$= 105 \text{ kPa}$$

والعلاقة بين درجة الحرارة والحجم في العملية الأديباتية :

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$(300)(V)^{1.4-1} = T_2 (5V)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 300 \times (\tfrac{1}{5})^{0.4}$$

$$= 300 \times (0.525)$$

$$= 157.5 \text{ K}$$

مسألة رقم (4.34)

ضُغط (2 mol) من غاز ثنائي الذرة ($\gamma = 1.4$) درجة حرارته الابتدائية ($17^{\circ}C$)، وحجمه (120 l) الى حجم (80 l) أديباتيا، أوجد :

أ- درجة حرارة الغاز النهائية.

ب- الضغط الابتدائي والنهائي للغاز.

جـ- الشغل المبذول.

الحل :

العلاقة بين درجة الحرارة والحجم في العملية الأديباتية :

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

www.utebooks.com

$$(17+273)\times(120)^{1.4-1} = T_2\,(80)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 290\times\left(\frac{120}{80}\right)^{0.4}$$

$$= 290\times(1.176)$$

$$= 341\ K = 68\ ^\circ C$$

ب ـ نجد الضغط الابتدائي والنهائي من معادلة الغاز المثالي :

$$P\,V = n\,R\,T$$

$$P_1\,(120\times10^{-3}) = 2\times8.314\times(17+273)$$

$$P_1 = 40.18\ k\,Pa$$

$$P_2\,(80\times10^{-3}) = 2\times8.314\times341$$

$$P_2 = 70.88\ k\ Pa$$

د ـ الشغل المبذول في العملية الأديباتية :

$$W = \frac{1}{\gamma-1}\,(P_1V_1 - P_2V_2)$$

$$= \frac{1}{(1.4-1)}\,(40.18\times10^{3}\times120\times10^{-3} - 70.88\times10^{3}\times80\times10^{-3})$$

$$= \frac{1}{0.4}\,(4821.6 - 5670.4$$

$$= -2122\ J$$

ww.utebooks.com

ويمكن أن نجد الشغل المبذول بطريقة أخرى، وذلك باستخدام العلاقة:

$$W = n C_v (T_1 - T_2)$$

وحيث أن الغاز ثنائي الذرة، فإن:

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

$$= \frac{5}{2} \times 8.314 = 20.785 \ J/mol\ k$$

فيكون الشغل المبذول:

$$W = 2 \times 20.785 \times (290 - 341)$$

$$= -2120 \ J$$

---

مسألة رقم (4.35)

أوجد الشغل المبذول لضغط (5 mol) من غاز الهيدروجين ($H_2$) عند درجة حرارة (20°C) الى ($\frac{1}{10}$) حجمه الأصلي،

أ- اذا ضُغط الغاز أيزوترميا. ب- اذا ضُغط الغاز أديباتيا.

الحل:

أ- في العملية الايزوترمية يكون الشغل المبذول:

$$W = n R T \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 5 \times 8.314 \times (20 + 273) \ln \frac{1}{10}$$

$$= 12180 \times (-2.3)$$

$$= -2.8 \times 10^4 \ J$$

ب- الشغل المبذول في العملية الأديباتية:

$$W = n C_v (T_1 - T_2) \quad (1)$$

ونجد ($T_2$) من العلاقة:

$$T_1 V_1^{\gamma - 1} = T_2 V_2^{\gamma - 1}$$

www.utebooks.com

$$(20+273)\,V^{1.4-1} = T_2\left(\frac{1}{10}V\right)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 293 \times (10)^{0.4}$$

$$= 293 \times (2.51)$$

$$= 736\ K$$

وبالتعويض في المعادلة (1) عن $(T_2)$ :

$$W = 5 \times 20.6 \times (293 - 736)$$

$$= -4.56 \times 10^4\ J$$

---

مسألة رقم (4.36)

تقلصت (100 l) من غاز الهيليوم عند درجة حرارة ($-32^\circ C$) أديباتيا ، فاذا كانت درجة الحرارة النهائية للغاز (577 K) ، أوجد حجم الغاز النهائي .

الحل :

العلاقة بين درجة الحرارة والحجم في العملية الأديباتية :

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$(-32+273)(100)^{1.63-1} = 577 \times V_2^{1.63-1}$$

$$(V_2)^{0.63} = 0.418 \times (18.2)$$

$$= 7.6$$

$$V_2 = (7.6)^{\frac{1}{0.63}}$$

$$= 25\ litre$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.37)

تمدد مول واحد من الهواء حجمه (10 l)، وضغطه ($150 \times 10^3$ Pa) أديباتيا الى حجم قدره (50 l)، أحسب الشغل المبذول وكمية الحرارة والتغير في الطاقة الداخلية. ($\gamma = 1.4$).

الحل :

حيث أن التمدد أديباتيا، فان الشغل يُعطى بالعلاقة :

$$W = \frac{1}{\gamma - 1}(P_1 V_1 - P_2 V_2) \quad (1)$$

ونجد ($P_2$) من العلاقة :

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$150 \times 10^3 \times (10)^{1.4} = P_2 (50)^{1.4}$$

$$P_2 = 150 \times 10^3 \times \left(\frac{10}{50}\right)^{1.4}$$

$$= 150 \times 10^3 \times (0.105)$$

$$= 15.75 \times 10^3 \text{ Pa}$$

وبالتعويض في العادلة (1) عن ($P_2$) :

$$W = \frac{1}{1.4-1}(150 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-3} - 15.75 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-3})$$

$$= 1780 \text{ J}$$

وحيث أن العملية أديباتية فان ($Q = 0$)، وبالتعويض في القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$0 = 1780 + \Delta U$$

$$\Delta U = -1780 \text{ J}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (4.38)

تمدد غاز حجمه ($80\ cm^3$) وضغطه ($15 \times 10^6\ Pa$). فإذا كان ضغطه النهائي ($1.58 \times 10^6\ Pa$)، أوجد حجمه النهائي. ($\gamma = 1.4$).

الحل :

العلاقة بين الحجم والضغط في العملية الأديباتية :

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$15 \times 10^4 \times (80)^{1.4} = 1.58 \times 10^4 \times (V_2)^{1.4}$$

$$V_2^{1.4} = 9.49 \times (461.66)$$

$$= 4381$$

$$V_2 = (4381)^{\frac{1}{1.4}}$$

$$= 398.18\ cm^3$$

مسألة رقم (4.39)

تمدد ($1.5\ mol$) من غاز الأكسجين عند درجة حرارة ($18^\circ C$ -) أديباتيا حتى تضاعف حجمه. أوجد مقدار التغير في الطاقة الداخلية، والشغل المبذول.

الحل :

التغير في الطاقة الداخلية لا تعتمد على المسار، فنفرض أن الغاز قد تمدد عند ثبوت الحجم، أي أن ($W = 0$)، ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = 0 + \Delta U$$

www.utebooks.com

أي أن :

$$\Delta U = n C_v (T_2 - T_1) \quad \ldots (1)$$

ونجد $(T_2)$ من العلاقة :

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$(-18+273) \times V^{1.4-1} = T_2 (2V)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 255 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{0.4}$$

$$= 255 \times (0.758)$$

$$= 193 \ K$$

وبالتعويض في المعادلة (1) عن $(T_2)$ :

$$\Delta U = 1.5 \times 21.1 \times (193 - 255)$$

$$= -1962.3 \ J$$

وحيث أن العملية أديباتية فإن $(Q = 0)$ ، أي أن :

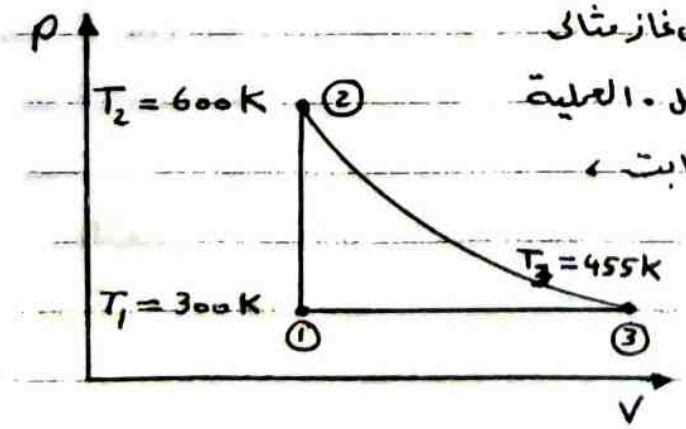
$$W = -\Delta U$$

$$= +1962.3 \ J$$

---

مسألة رقم (4.40)

دار (1.0 mol) من غاز مثالي أحادي دورة كما في الشكل . العملية ① ← ② كانت عند حجم ثابت ، والعملية ② ← ③ كانت أديباتية ، والعملية ③ ← ① كانت عند ضغط ثابت .




ww.utebooks.com

م- أوجد كمية الحرارة، والتغير في الطاقة الداخلية، والشغل المبذول لكل عملية.

ب- أوجد كمية الحرارة، والتغير في الطاقة الداخلية، والشغل المبذول لكل الدورة.

ج- إذا كان الضغط الابتدائي (1.0 atm) عند النقطة ① ، أوجد الضغط والحجم النهائيين عند النقطة ② و ③.

---

الحل:

القانون الأول للديناميكا الحرارية:

$$Q = W + \Delta U$$

م- في العملية من ① ← ② ، والتي تمت عند حجم ثابت، فإن:

$$W = 0$$

$$Q = \Delta U = n C_v (T_2 - T_1)$$

$$= 1 \times 12.5 \times [600 - 300]$$

$$Q = 3750 \text{ J}$$

$$\Delta U = 3750 \text{ J}$$

في العملية من ② ← ③ ، والتي كانت أديباتية، فإن:

$$Q = 0$$

$$W = -\Delta U = -n C_v (T_3 - T_2)$$

$$= -1 \times 12.5 \times [455 - 600]$$

$$= +1812.5 \text{ J}$$

$$W = 1812.5 \text{ J}$$

$$\Delta U = -1812.5 \text{ J}$$

في العملية من ③ ← ① ، والتي كانت عند ضغط ثابت:

$$Q = n C_p (T_3 - T_1)$$

$$= n (C_v + R) (T_3 - T_1)$$

$$= 1 \times (12.5 + 8.314) \times (300 - 455)$$

$$Q = -3226.2 \text{ J}$$

www.utebooks.com

التغير في الطاقة الداخلية يعتمد فقط على التغير في درجة الحرارة، مما يعني أننا نستطيع أن نجد $(\Delta U)$ من العلاقة :

$$\Delta U = n C_v (T_3 - T_1)$$
$$= 1 \times 12.5 \times (455 - 600)$$
$$\Delta U = -1937.5 \text{ J}$$

ونجد الشغل المبذول باستخدام القانون الأول للديناميكا الحرارية :

$$Q = W + \Delta U$$
$$W = Q - \Delta U$$
$$= -3226.2 - (-1937.5)$$
$$= -1288.7 \text{ J}$$

$$Q_{Total} = 3750 + 0 + (-3226.2)$$
$$= 523.8 \text{ J}$$

$$\Delta U_{Total} = 3750 + (-1812.5) + (-1937.5)$$
$$= 0.0$$

وتعليل أن $(\Delta U = 0)$ لكل الدورة هو أن النظام قد عاد لنفس درجة الحرارة، أي أن درجة الحرارة لم تتغير، مما يعني أن طاقته الداخلية لم تتغير.

$$W_{Total} = 0 + 1812.5 + (-1288.7)$$
$$= 523.8 \text{ J}$$

ب- نجد الضغط عند النقطة ② من العلاقة :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

www.utebooks.com

$$\frac{1}{300} = \frac{P_2}{600}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm}$$

ونجد الحجم عند النقطة ② من معادلة الحالة للغاز المثالي، وهو نفس الحجم عند النقطة ① .

$$P_2 V_2 = nRT$$

$$V_2 = \frac{nRT}{P_2}$$

$$= \frac{1 \times 8.314 \times 600}{2 \times 1.013 \times 10^5}$$

$$= 0.0246 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 24.6 \text{ litre}$$

الضغط عند النقطة ① هو نفس الضغط عند النقطة ③ ، أي أن:

$$P_3 = P_1 = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ونجد الحجم عند النقطة ③ من العلاقة:

$$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1}$$

$$600 \times 24.6^{1.67-1} = 455 \times (V_3)^{1.67-1}$$

$$V_3^{0.67} = 1.32 \times (24.6)^{0.67}$$

$$= 1.32 \times (8.55)$$

$$= 11.3$$

$$V_3 = (11.3)^{\frac{1}{0.67}}$$

$$= 37.2 \text{ litre}$$

www.utebooks.com

# 5 الموجات

waves

ww.utebooks.com

مسألة رقم (5.1)

تتحرك موجة طولها الموجي (3 mm) بسرعة (240 m/s)، أوجد:

أ- تردد الموجة (f)  ب- الزمن الدوري (T)

ج- السرعة الزاوية (ω)  د- ثابت الانتشار أو العدد الموجي (k).

الحل:

أ-

$$c = f\lambda$$

$$240 = f(3\times10^{-3})$$

$$f = 8\times10^{4}\ Hz$$

ب-

$$T = \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{8\times10^{4}}$$

$$= 1.25\times10^{-5}\ s$$

ج-

$$\omega = 2\pi f$$

$$= 2\times3.14\times8\times10^{4}$$

$$= 5.024\times10^{5}\ rad/s$$

د-

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$= \frac{2\times3.14}{3\times10^{-3}}$$

$$= 2.1\times10^{3}\ m^{-1}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.2)

أكتب معادلة موجة سعتها (8 cm)، وترددها (2.5 Hz)، وطول الموجة (31.4 cm) تتحرك في الاتجاه الموجب لمحور (x).

الحل:

المعادلة العامة للموجة:

$$y = A \sin(\omega t - kx) \quad (1)$$

حيث $(A = 8\,cm)$ و $(\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 2.5 = 15.7\,rad/s)$ و $(k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2 \times 3.14}{31.4} = 0.2\,m^{-1})$. وبالتعويض في المعادلة (1):

$$y = 8 \sin(15.7t - 0.2x)$$

مسألة رقم (5.3)

تعبر المعادلة التالية عن موجة مستعرضة في سلك:

$$y = 5.2 \sin(2.5\pi t - \pi x)$$

حيث (y) و (x) مقاستان بـ (cm) و (t) مقاسة بـ (s)، أوجد:

أ- سعة الموجة (A). ب- الطول الموجي ($\lambda$).

د- التردد (f). ج- سرعة الموجة (c).

هـ- الزمن الدوري (T) و- أقصى سرعة لجسيم في السلك $V_{max}$

الحل:

نقارن معادلة موجة السلك بالمعادلة العامة للموجة:

$$y = A \sin(\omega t - kx)$$

ونستنتج التالي:

أ- $(A = 5.2\,cm)$.

ب- $k = \pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 2\,cm$

www.utebooks.com

د. $\omega = 2.5\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 1.25\ Hz$

ه. $c = f\lambda = 1.25 \times 2 = 2.5\ m/s$

و. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.25} = 0.8\ s$

ز. $V_{max} = \omega A = 2.5 \times 3.14 \times 5.2 = 40.82\ m/s$

---

سؤالة رقم (5.4)

أكتب معادلة موجة تتحرك في الاتجاه السالب للمحور (x) إذا كانت سعتها (7.2 cm)، وتردداها (420 Hz) وسرعتها (10.5 m/s).

الحل :

المعادلة العامة للموجة :

$$y = A \sin(\omega t + kx)$$

فيكون ($A = 7.2\ cm$) و ($\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 420 = 840\pi$)

و ($k = \frac{2\pi}{\lambda}$) يجب أولاً إيجاد ($\lambda$) من العلاقة :

$$c = f\lambda$$

$$10.5 = 420\ \lambda$$

$$\lambda = 0.025\ m = 2.5\ cm$$

إذاً إن ($k = \frac{2\pi}{2.5} = 0.8\pi$). فتكون معادلة الموجة :

$$y = 7.2 \sin(840\pi t - 0.8\pi x$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.5)

تتحرك موجة مستعرضة في سلك حسب المعادلة :

$$y = 1.5 \sin \pi (0.04x + 6t)$$

أ- أوجد الازاحة عندما تكون ($x = 10$ cm) و ($t = 0.05$ s).

ب- أوجد السرعة لنقطة على السلك عندما تكون ($x = 10$ cm) و ($t = 0.05$ s).

الحل :

أ-

$$y = 1.5 \sin \pi (0.04x + 6t)$$
$$= 1.5 \sin 180 (0.04 \times 10 + 6 \times 0.05)$$
$$= 1.5 \sin (126)$$
$$= 1.5 \times (0.81)$$
$$= 1.21 \text{ cm}$$

ب- سرعة نقطة على السلك هي التفاضل الأول ($y$) بالنسبة لـ ($t$):

$$v = \frac{dy}{dt} = 1.5 \times 6\pi \cos \pi (0.04x + 6t)$$
$$= 1.5 \times 6 \times 3.14 \cos 180 (0.04 \times 10 + 6 \times 0.05)$$
$$= 28.26 \cos (126)$$
$$= 28.26 (-0.588)$$
$$= -16.6 \text{ cm/s}$$

مسألة رقم (5.6)

معادلة موجة :

$$y = 0.05 \sin \pi (5x - 20t - 0.25)$$

حيث ($y$) و ($x$) تقاسان بـ (m) و ($t$) بـ (s)، أوجد:

أ- زاوية الطور ($\phi$). ب- سرعة الموجة ($c$)

www.utebooks.com

د- سرعة الجسيم (v) عند ($x = 0.5m$) و ($t = 0.05\ s$).

ه- عجلة الجسيم (a) عند ($x = 0.5\ m$) و ($t = 0.05\ s$).

الحل :

أ- بصفة أعم ، تكتب معادلة الموجة كالتالي :

$$y = A \sin (kx - \omega t + \varphi)$$

حيث ($\varphi$) زاوية الطور ، وعند مقارنة المعادلتين ، تكون:

$$\varphi = -0.25\pi$$

$$= -0.25 \times 180 = -45^\circ$$

ب-

$$c = f\lambda$$

وعند ($f$) و ($\lambda$) بمقارنة المعادلتين :

$$\omega = 2\pi f = 20\pi \Rightarrow f = 10\ Hz$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = 5\pi \Rightarrow \lambda = 0.4\ m$$

أي أن :

$$c = 10 \times 0.4 = 4\ m/s$$

د- سرعة الجسيم :

$$v = \frac{dy}{dt} = -0.05 \times 20\pi \cos\pi(5x - 20t - 0.25)$$

$$= -0.05 \times 20 \times 3.14 \cos\pi(5x - 20t - 0.25)$$

$$v = -3.14 \cos 180 (5 \times 0.5 - 20 \times 0.05 - 0.25)$$

$$= -3.14 \cos(225)$$

$$= -3.14 \times (-0.707)$$

$$= 2.22\ m/s$$

ه- عجلة الجسيم :

www.utebooks.com

$$a = \frac{dv}{dt} = -0.05 \times (20\pi)^2 \sin \pi (5x - 20t - 0.25)$$

$$= -197.2 \sin 180 (5 \times 0.5 - 20 \times 0.05 - 0.25)$$

$$= -197.2 \sin 225$$

$$= -197.2 \times (-0.707)$$

$$= 139.4 \quad m/s^2$$

---

مسألة رقم (5.71)

موجة مستعرضة طول الموجي (2.5 cm) وتردد المصدر (0.01 s) وسعتها (3 cm). أكتب معادلة الموجة اذا كانت ($y = -2$ cm) عند ($t = 0$) و ($x = 0$).

---

الحل :

المعادلة العامة للموجة :

$$y = A \sin (\omega t - kx + \varphi)$$

حيث ($\varphi$) زاوية الطور. وبالمقارنة نكتب معادلة الموجة :

$$y = 3 \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x + \varphi\right)$$

$$= 3 \sin \left(\frac{2\pi}{0.01} t - \frac{2\pi}{2.5} x + \varphi\right)$$

$$y = 3 \sin (200\pi t - 0.8\pi x + \varphi) \quad (1)$$

ولايجاد ($\varphi$) نعلم أن ($y = -2$ cm) عند ($x = 0$) و ($t = 0$)، نعوض في المعادلة (1) :

$$-2 = 3 \sin (0 - 0 + \varphi)$$

$$\sin \varphi = -\frac{2}{3}$$

$$= -0.667$$

$$\varphi = -41.8^\circ$$

www.utebooks.com

ولكن :

$1^\circ = 0.01745 \text{ rad}$ *

نتكون :

$\varphi = -41.8 \times 0.0174 = -0.73 \text{ rad}$

وتكون معادلة الموجة :

$y = 3 \sin (200\pi t - 0.08\pi x - 0.73)$

مسألة رقم (5.8)

اذا كانت الازاحة لجسيم تعطى بالعلاقة :

$x = 8 \cos (3\pi t + \pi)$

أوجد : ا- السرعة الزاوية والتردد .

ب- زاوية الطور .

ج- الازاحة عند ($t = 0.25$ s) .

د- أقصى سرعة للجسيم .

الحل :

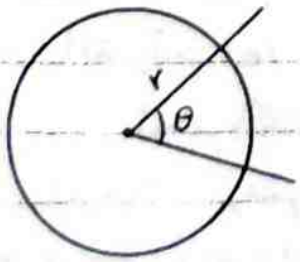
ا- بالمقارنة بالعلاقة :

$x = A \cos (\omega t + \varphi)$

نجد أن :

$\omega = 3\pi = 3 \times 3.14 = 9.42 \text{ rad/s}$

$\omega = 2\pi f \Rightarrow 2\pi f = 9.42 \Rightarrow f = 1.5 \text{ Hz}$




* $360^\circ = 2\pi$

$1^\circ = \frac{2\pi}{360}$

$= 0.0174532 \text{ rad}$

أو : $1 \text{ rad} = 57.29578^\circ$

www.utebooks.com

ب- بالمقارنة : $\varphi = \pi \ rad$

هـ- $x = 8 \cos (3 \times 180 \times 0.25 + 180)$

$= 8 \cos (315)$

$= 8 \times (0.707$

$= 5.66 \ m$

د- $V_{max} = \omega A = 3\pi A$

$= 3 \times 3.14 \times 8$

$= 75.36 \ m/s$

مسألة رقم (5.9)

سلك مشدود بقوة مقدارها (2500 N)، أوجد سرعة الموجة المستعرضة في السلك اذا كان طوله (7 m) وكتلته (70 g).

الحل :

باستخدام العلاقة :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}} = \sqrt{\frac{2500}{70 \times 10^{-3}/7}}$$

$$= \sqrt{25 \times 10^{4}} = 500 \ m/s$$

مسألة رقم (5.10)

أوجد الكثافة الطولية لسلك تكوّنت فيه موجة مستعرضة سرعتها (20 m/s) عندما كان تحت تأثير قوة شد مقدارها (15 N).

ww.utebooks.com

الحل :

نستخدم العادلة :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

$$20 = \sqrt{\frac{15}{\mu}}$$

$$400 = \frac{15}{\mu}$$

$$\mu = 0.0375 \text{ kg/m} = 0.375 \text{ g/cm}$$

مسألة رقم (5.11)

أوجد سرعة الصوت* في مادة معدنية، اذا علمت أن معامل يونغ للمعدن ($8.2 \times 10^{10}$ Pa)، وكثافته ($3.4 \times 10^{3}$ kg/m$^3$).

الحل :

$$c = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.2 \times 10^{10}}{3.4 \times 10^{3}}} = 4.9 \times 10^{3} \text{ m/s}$$

مسألة رقم (5.12)

اذا كانت سرعة الصوت في سائل كثافته النوعية (0.75) هي (1450 m/s)، أوجد المعامل الحجمي للسائل.

الحل :

$$c = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$$1450 = \sqrt{\frac{B}{0.75 \times 10^{3}}}$$

* الموجات الصوتية موجات طولية.

www.utebooks.com

$$B = (1450)^2 \times (0.75 \times 10^3)$$
$$= 1.58 \times 10^9 \ Pa$$

مسألة رقم (5.13)

تتحرك موجة مستعرضة في سلك مشدود بقوة (20 N) بسرعة (40 m/s). أوجد مقدار الشد اللازم لتتحرك الموجة بسرعة مضاعفة.

الحل :

نجد أولا الكثافة الطولية للسلك من العلاقة :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$
$$40 = \sqrt{\frac{20}{\mu}}$$
$$\mu = \frac{20}{(40)^2} = 0.0125 \ kg/m$$

وعندما تتضاعف السرعة تصبح ($c = 80 \ m/s$) :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$
$$80 = \sqrt{\frac{S}{0.0125}}$$
$$S = (80)^2 \times (0.0125) = 80 \ N$$

مسألة رقم (5.14)

شُدّ سلك معدني قطره (2 mm) بقوة مقدارها (180 N). فإذا كانت الكثافة النوعية للمعدن (9.0)، أوجد سرعة موجة مستعرضة في السلك.

الحل :

www.utebooks.com

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}} \qquad (1)$$

ولكن :

$$\mu = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الطول}} = \frac{\text{الكثافة} \times \text{الحجم}}{\text{الطول}}$$

$$\mu = \frac{\rho V}{\ell} = \frac{\rho (A\ell)}{\ell} = \rho A$$

حيث ($A$) مساحة مقطع السلك ، وبالتعويض في المعادلة (1) :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\rho A}} = \sqrt{\frac{S}{\rho (\pi r^2)}}$$

حيث ($r$) نصف قطر السلك

$$= \sqrt{\frac{180}{9 \times 10^3 \times 3.14 \times (1 \times 10^{-3})^2}}$$

$$= 79.8 \quad m/s$$

---

مسألة رقم (5.15)

تمثل المعادلة التالية موجة مستعرضة في سلك :

$$y = 0.7 \sin (62.8\, t + 4\, x)$$

حيث ($x$) و ($y$) تقاسان بـ ($m$) ، ($t$) تقاس بـ ($s$). فإذا كانت الكثافة الطولية للسلك ($3\,g/m$) ، أوجد الشد في السلك.

الحل :

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}} \qquad (1)$$

نجد أولاً ($c$) من العلاقة :

$$c = f \lambda$$

ونجد ($\lambda$) و ($f$) من معادلة الموجة لنعيد مقارنتها بالمعادلة العامة :

www.utebooks.com

$$y = A \sin(\omega t + kx)$$

$$\omega = 2\pi f = 62.8 \Rightarrow f = 10\ Hz$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = 4 \Rightarrow \lambda = 1.57\ m$$

وبالتعويض عن ($f$) و ($\lambda$) في المعادلة (2) نجد أن:

$$c = 10 \times 1.57 = 15.7\ m/s$$

وبالتعويض عن ($c$) في المعادلة (1):

$$15.7 = \sqrt{\frac{S}{3\times10^{-3}}}$$

$$S = (15.7)^2 \times (3\times10^{-3}) = 0.74\ N$$

---

مسألة رقم (5.16)

أوجد القوة التي يجب أن تؤثر بها على سلك مساحة مقطعه ($9\ mm^2$)، ولمعامل يونج مقداره ($2\times10^9\ Pa$) حتى تكون سرعة موجة طولية تساوي (30) مرة سرعة موجة مستعرضة فيه.

---

الحل:

سرعة الموجة الطولية ($c_L$):

$$c_L = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

سرعة الموجة المستعرضة ($c_T$): *

$$c_T = \sqrt{\frac{S}{\mu}} = \sqrt{\frac{S}{\rho A}}$$

ولكن:

$$c_L = 30\, c_T$$

---

* راجع المسألة رقم (5.14).

www.utebooks.com

$$\sqrt{\frac{Y}{\rho}} = 30\sqrt{\frac{S}{\theta A}}$$

$$Y = 900\,\frac{S}{A}$$

$$2\times10^{9} = 900\,\frac{S}{9\times10^{-6}}$$

$$S = 20\ N$$

سألة رقم (5.17)

سلك معدني قتبث بين دعامتين بحيث كان الشد صفرًا عندما كانت درجة الحرارة (42 °C). ماذا ستكون سرعة موجة تعرضت في السلك عندما تنخفض درجة الحرارة الى (22 °C). [معامل يونج للمعدن ($8\times10^{10}$ Pa)، والكثافة النوعية للمعدن (7.2)، ومعامل التمدد الطولي للمعدن ($1.2\times10^{-5}$ /°C)].

الحل:

نستخدم المعادلة:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta\ell/\ell} = \frac{F/A}{\alpha\,\ell\,\Delta T/\ell}$$

$$F = S = Y\,A\,\alpha\,\Delta T$$

حيث (A) مساحة مقطع السلك، ولكن:

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}} = \sqrt{\frac{S}{\rho A}} = \sqrt{\frac{Y\,A\,\alpha\,\Delta T}{\rho\,A}}$$

$$c = \sqrt{\frac{8\times10^{10}\times1.2\times10^{-5}\times(42-22)}{7.2\times10^{3}}}$$

$$= 51.64\ m/s$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.18)

يهتز سلك طوله (90 cm) وكتلته (4.5 g) بتردد أساسي قدره (80 Hz). أوجد الشد في السلك.

الحل:

$$f_1 = \frac{c}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

$$80 = \frac{1}{2\times 0.9} = \sqrt{\frac{S}{4.5\times 10^{-3}/0.9}}$$

$$S = 103.68\ N$$

مسألة رقم (5.19)

وتر عود طوله (50 cm) وكتلته (5 g) مشدود بقوة مقدارها (400 N)، أوجد التردد الأساسي والنغمة التوافقية الأولى.

الحل:

يحدث التردد الأساسي عند:

$$\lambda_1 = 2L = 2\times 0.5 = 1\ m$$

أي أن التردد الأساسي:

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{1} \qquad (1)$$

ومن العلاقة:

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}} = \sqrt{\frac{400}{5\times 10^{-3}/0.5}} = 200\ m/s$$

وبالتعويض عن (c) في المعادلة (1) نجد التردد الأساسي:

$$f_1 = 200\ Hz$$

تتكون النغمة التوافقية الأولى: $(f_2 = 2f_1 = 2\times 200 = 400\ Hz)$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.20)

اذا كانت النغمة التوافقية الثانية ($f_3$) لسلك طوله (84cm) هي (480 Hz)، أوجد الشد في السلك اذا علمت أن كتلته (1.68g).

الحل:

تحدث النغمة التوافقية الثانية ($f_3$) عند:

$$\lambda_3 = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3} \times 0.84 = 0.56 \text{ m}$$

فتكون سرعة الموجة (c):

$$c = f_3 \lambda_3 = 480 \times 0.56 = 268.8 \text{ m/s}$$

ولكن (c) تُعطى أيضا بالعلاقة:

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

$$268.8 = \sqrt{\frac{S}{1.68 \times 10^{-3} / 0.84}}$$

$$S = 144.5 \text{ N}$$

مسألة رقم (5.21)

تتحرك موجة مستعرضة بسرعة (30 m/s) في سلك مشدود بقوة (20 N)، أوجد مقدار الشد اللازم لكي تتحرك الموجة بسرعة (60 m/s) في نفس السلك.

الحل:

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

عندما يكون الشد (20N):

$$3 = \sqrt{\frac{20}{\mu}} \quad (1)$$

وعندما تكون السرعة (60 m/s):

www.utebooks.com

$$60 = \sqrt{\frac{S}{\mu}} \qquad (2)$$

وبقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) :

$$2 = \sqrt{\frac{S}{20}}$$

$$S = 80 \ N$$

---

مسألة رقم (5.22)

سلكان لهما نفس الطول وتحت نفس الشد. فإذا كانت العلاقة بين نصف قطريهما ( $r_1 = 2r_2$ )، والعلاقة بين كثافتيهما ( $\rho_1 = 0.5\rho_2$ )، أوجد العلاقة بين ترددهما الأساسيين.

---

الحل :

التردد الأساسي للسلك الأول :

$$f_1 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\mu_1}}$$

$$= \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\rho_1 A_1}} \ ^{*} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\rho_1 (\pi r_1^2)}}$$

أي أن :

$$f_1 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{0.5\rho_2 (\pi r_2)^2}} \qquad (1)$$

والتردد الأساسي للسلك الثاني :

$$f_2 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\rho_2 (\pi r_2)^2}} \qquad (2)$$

وبقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) :

---

* راجع المسألة رقم (5.14).

www.utebooks.com

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{2}{1}}$$

$$f_2 = \sqrt{2}\, f_1$$

مسألة رقم (5.23)

تعبر المعادلة:

$$y = 2 \sin (270t - 36x)$$

عن موجة في سلك تحت شد قدره (0.18 N)، أوجد الكتلة الطولية للسلك.

الحل:

نقارن معادلة الموجة للسلك بمعادلة الموجة العامة:

$$y = A \sin (\omega t - kx)$$

ونستنتج التالي:

$$\omega = 270 = 2f \quad \Rightarrow \quad f = 43 \text{ Hz}$$

$$k = 36 = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 0.174 \text{ m}$$

أيضاً:

$$c = f\lambda = 43 \times 0.174 = 7.5 \text{ m/s}$$

ولكن:

$$c = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

$$7.5 = \sqrt{\frac{0.18}{\mu}}$$

أو:

$$\mu = 3.2 \times 10^{-3} \text{ kg/m} = 3.2 \text{ g/m}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.24)

أنبوبة مفتوحة من طرف واحد تصدر صوتاً ذا تردد أساسي مقداره (125 Hz)، فاذا كانت سرعة الصوت في الهواء (340 m/s)، أوجد طول الأنبوبة.

الحل:

في حالة الأنبوبة المفتوحة من طرف واحد يمثل التردد الأساسي عند:

$$\lambda_1 = 4L$$

أي أن:

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{4L}$$

$$125 = \frac{340}{4L}$$

$$L = 0.68\ m = 68\ cm$$

مسألة رقم (5.25)

اذا كان التردد الاساسي لسلك طوله (25 cm)، وكثافته الطولية (2 g/m) علماً بأن النغمة التوافقية الثانية ($f_3$) لانبوب مفتوح الطرفين طوله (1 m). أوجد الشد في السلك. ($c = 340\ m/s$).

الحل:

التردد الاساسي للسلك:

$$f_1 = \frac{c}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

والنغمة التوافقية الثانية ($f_3$) للانبوب:

$$f_3 = 3\frac{c}{2L}$$

$$f_3 = 3 \times \frac{340}{2L} = 510\ Hz$$

www.ufebooks.com

وحيث أن :

$$f_1 = f_3$$

$$\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\mu}} = f_3$$

$$\frac{1}{2\times 0.25}\sqrt{\frac{S}{2\times 10^{-3}}} = 510$$

$$S = 130\ N$$

---

مسألة رقم (5.26)

يهتز سلك طوله (70 cm) وكتلته (14 g) بتردد أساسي بالقرب من فوهة عمود هوائي مفتوح من طرف واحد طوله (66 cm)، فتتسبب في اهتزاز العمود الهوائي بتردد أساسي أيضاً، أوجد الشد في السلك. [سرعة الصوت (c) في الهواء (330 m/s)].

---

الحل :

التردد الأساسي للعمود الهوائي :

$$f_1 = \frac{c}{4L}$$

$$= \frac{330}{4\times 0.66} = 125\ Hz$$

وهو نفس التردد الأساسي للسلك :

$$f_1 = \frac{c}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

أي أن :

$$125 = \frac{1}{2\times 0.7}\sqrt{\frac{S}{14\times 10^{-3}/0.7}}$$

$$S = 612.5\ N$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (5.27)

أوجد التردد الاساسي والنغمة التوافقية الأولى والثانية للأنبوبة طولها (25 cm)، اذا كانت الأنبوبة :

أ- مفتوحة من طرف واحد .

ب- مفتوحة الطرفين .

بفرض أن سرعة الصوت في الهواء (334 m/s).

الحل :

أ- للأنبوبة المفتوحة من طرف واحد :

$$f_n = n \frac{c}{4L} \quad , n = 1,3,5,7,\ldots$$

$$f_1 = 1 \frac{334}{4 \times 0.25} = 334 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3 f_1 = 3 \times 334 = 1002 \text{ Hz}$$

$$f_5 = 5 f_1 = 5 \times 334 = 1670 \text{ Hz}$$

ب- للأنبوبة المفتوحة من الطرفين :

$$f_n = n \frac{c}{2L} \quad , n = 1,2,3,4,\ldots$$

$$f_1 = 1 \frac{334}{2 \times 0.5} = 668 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 2 f_1 = 2 \times 668 = 1336 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3 f_1 = 3 \times 668 = 2004 \text{ Hz}$$

مسألة رقم (5.28)

تحدث أنبوبة مفتوحة الطرفين ترددين توافقيين متتاليين هما (240 Hz) و (280 Hz). أي الاهتزازات التوافقية يمثلها هذان الترددان، وأوجد طول الأنبوب.

[أفرض أن سرعة الصوت في الهواء (340 m/s)].

www.utebooks.com

الحل :

نفرض أن التردد (240 Hz) يحدث عند ($f_n$) والتردد (280 Hz) يحدث عند ($f_{n+1}$) ، أي أن :

$$f_n = n \frac{c}{2L} \quad \ldots (1) \quad , \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

$$f_{n+1} = (n+1) \frac{c}{2L} \quad \ldots (2) \quad , \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

وبقسمة المعادلة (1) على (2) :

$$\frac{f_n}{f_{n+1}} = \frac{n}{n+1}$$

$$\frac{240}{280} = \frac{n}{n+1}$$

أي أن :

$$n = 6 \quad , \quad n+1 = 7$$

أي أن الترددين المتتاليين هما ($f_6$) و ($f_7$).

ولايجاد طول الانبوبة :

$$f_6 = 6 \frac{c}{2L}$$

$$240 = 6 \frac{340}{2L}$$

$$L = 4.25 \text{ m}$$

مسألة رقم (5.29)

عندما يكون الشد في خيط (147 N) يكون تردده الأساسي أصغر من تردد سوكة رنانة بمقدار (8 Hz) ، ولكن عندما يكون الشد (157 N) يكون تردده الاساسي مساويا لتردد السوكة . أوجد تردد السوكة .

الحل :

نفرض أن التردد الاساسي للخيط عندما يكون الشد (147 N) !

www.utebooks.com

$$f_1 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S_1}{\mu}} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{147}{\mu}} \quad (1)$$

ونفرض أن التردد الاساسي للخيط عندما يكون الشد (157 N):

$$f_1' = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S_2}{\mu}} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{157}{\mu}} \quad (2)$$

وبقسمة المعادلة (1) على المعادلة (2):

$$\frac{f_1}{f_1'} = \sqrt{\frac{147}{157}}$$

$$f_1 = f_1'\sqrt{\frac{147}{157}} \quad (3)$$

ولكن:

$$f_1' - f_1 = 8$$

$$f_1 = f_1' - 8 \quad (4)$$

وبالتعويض بالمعادلة (4) في المعادلة (3):

$$f_1' - 8 = f_1'\sqrt{\frac{147}{157}}$$

$$f_1' - f_1'\sqrt{\frac{147}{157}} = 8$$

$$f_1'\left(1 - \sqrt{\frac{147}{157}}\right) = 8$$

$$f_1'(0.032) = 8$$

$$f_1' = 250 \text{ Hz}$$

أي أن تردد النوتة الرنانة (250 Hz).

www.utebooks.com

# 6 الظاهرة الصوتية

## Acoustic Phenomenon

ww.utebooks.com

مسألة رقم (6.1)

اذا كانت شدة الصوت لموجة صوتية ($8.2 \times 10^{-4}\ W/m^2$) عند مسافة (14m)، أوجد شدة الصوت عند مسافة (196 m).

الحل:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{8.2 \times 10^{-4}}{I_2} = \frac{(196)^2}{(14)^2}$$

$$I_2 = 4.18 \times 10^{-6}\ W/m^2$$

مسألة رقم (6.2)

أوجد مستوى الشدة لصوت شدته ($0.52\ W/m^2$).

الحل:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{0.52}{10^{-12}}$$

$$= 10 [\log(0.52) - \log(10^{-12})]$$

$$= 10 [\log(0.52) + 12 \log(10)]$$

$$= 10 [(-0.284 + 12(1)] = 117.16\ dB$$

$$I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.3)

اذا كانت مستوى الشدة لصوت ما (85 dB) أوجد شدة الصوت.

الحل

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$85 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$8.5 = \log I - \log 10^{-12}$$

$$= \log I + 12 \log 10$$

$$8.5 = \log I + 12 \quad (1)$$

$$\log I = -3.5$$

وبأخذ اللوغاريتم المقابل لكل من الطرفين:

$$I = 3.16 \times 10^{-4} \ W/m^2$$

مسألة رقم (6.4)

اذا كانت شدة الصوت لموجة صوتية ($4 \times 10^{-7} \ W/m^2$) عند مسافة (8m)، أوجد مستوى الشدة للموجة عند (2m).

الحل:

نجد أولا شدة الصوت عند مسافة (2m):

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{4 \times 10^{-7}}{I_2} = \frac{2^2}{8^2}$$

$$I_2 = 6.4 \times 10^{-6} \ W/m^2$$

ونجد مستوى الشدة من العلاقة:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

www.utebooks.com

$$\beta = 10 \log \frac{6.4 \times 10^{-6}}{10^{-12}}$$

$$= 10 \log (6.4 \times 10^{6})$$

$$= 10 [\log (6.4) + 6 \log (10)]$$

$$= 10 [0.806 + 6]$$

$$\beta = 68 \ dB$$

---

مسألة رقم (6.5)

أوجد مستوى الشدة لموجة صوتية شدتها $(2 \times 10^{-8} \ W/m^2)$، ولموجة صوتية شدتها $(4 \times 10^{-8} \ W/m^2)$.

---

الحل :

مستوى الشدة لشدة $(2 \times 10^{-8} \ W/m^2)$ :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{2 \times 10^{-8}}{10^{-12}}$$

$$= 10 \log (2 \times 10^{4})$$

$$= 10 [\log 2 + 4 \log 10]$$

$$= 10 [(0.3) + 4]$$

$$= 43 \ dB$$

ومستوى الشدة لشدة $(4 \times 10^{-8} \ W/m^2)$ :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{4 \times 10^{-4}}{10^{-12}}$$

$$= 10 \log (4 \times 10^{4}) = 46 \ dB$$

www.utebooks.com

لاحظ أنه بالرغم من أن شدة الصوت قد تضاعفت، إلا أن الفرق في مستوى الشدة كان نقطة (3 dB). ولكن أذن الانسان عندها القدرة للتمييز بين مستوى الشدة لمصدرين صوتيين الفرق بينهما (1 dB).

مسألة رقم (6.6)

أوجد شدة الصوت لموجة صوتية مستوى شدتها (50dB) وأخرى مستوى شدتها (100dB).

الحل:

الشدة لمستوى الشدة (50 dB):

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$50 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$5 = \log I + 12$$

$$\log I = -7$$

وبأخذ اللوغاريتم المقابل للطرفين:

$$I = 10^{-7} \ W/m^2$$

والشدة لمستوى الشدة (100dB):

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$100 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10 = \log I + 12$$

$$\log I = -2$$

وبأخذ اللوغاريتم المقابل للطرفين:

$$I = 10^{-2} \ W/m^2$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.7)

مستوى الشدة لفرقة موسيقية صاخبة (110 dB). ما هو مستوى الشدة لفرقتين تعزفان معاً.

الحل :

نجد شدة الصوت للفرقة الواحدة أولاً :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$110 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$11 = \log I + 12$$

$$\log I = -1$$

$$I = 0.1 \quad W/m^2$$

شدة الصوت للفرقتين معاً :

$$0.1 + 0.1 = 0.2 \quad W/m^2$$

ويكون مستوى الشدة للفرقتين معاً :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{0.2}{10^{-12}}$$

$$= 10 [\log 0.2 + 12]$$

$$= 10 [-0.7 + 12]$$

$$= 113 \quad dB$$

لاحظ أن الاجابة الصحيحة هي (113 dB) وليست (110 dB + 110 dB = 220 dB).

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.8)

يصدر مصدر صوتي مستوى شدة (80 dB)، ويصدر آخر مستوى شدة (85 dB). أوجد الشدة الكلية للمصدرين.

الحل :

نجد الشدة للمصدر الأول من المعادلة :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$8 = \log I + 12$$

$$\log I = -4$$

$$I = 10^{-4} \quad W/m^2$$

والشدة للمصدر الثاني :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$85 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$8.5 = 10 \log I + 12$$

$$\log I = -3.5$$

$$I = 3.16 \times 10^{-4} \quad W/m^2$$

فيكون الشدة الكلية للمصدرين :

$$10^{-4} + 3.16 \times 10^{-4} = 4.16 \times 10^{-4} \quad W/m^2$$

مسألة رقم (6.9)

اذا كان الفرق في مستوى الشدة بين نقطتين (10 dB)، وكانت النقطة الأولى تبعد عن المصدر الصوتي مسافة ($\sqrt{10}$ m)، فكم يكون بعد النقطة الثانية.

الحل :

www.utebooks.com

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \quad (1)$$

$$\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \quad (2)$$

حيث ($I_1$) الشدة عند النقطة الأولى، و ($I_2$) الشدة عند النقطة الثانية، وبطرح المعادلة (2) من المعادلة (1):

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \left[ \log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} \right]$$

$$10 = 10 \left[ \log I_1 - \log I_0 - \log I_2 - \log I_0 \right]$$

$$1 = \log I_1 - \log I_2$$

$$\log \frac{I_1}{I_2} = 1$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 10$$

ولكن:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$10 = \frac{r_2^2}{(9\sqrt{10})^2} = \frac{r_2^2}{810}$$

$$r_2^2 = 8100 \ m^2$$

$$r_2 = 90 \ m$$

أي أن النقطة الثانية تبعد عن المصدر (90 m).

---

مسألة رقم (10،6)

اذا كانت القدرة لمصدر صوتي (0.8 W). عند أي مسافة يكون مستوى الشدة (90 dB).

---

الحل:

تتناقص شدة الموجة حسب قانون التربيع العكسي:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

www.utebooks.com

حيث (P) القدرة، و ($4\pi r^2$) المساحة السطحية لكرة نصف قطرها (r)، ونجد (I) من المعادلة 1

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$90 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$9 = \log I + 12$$

$$\log I = -3$$

$$I = 10^{-3} \quad W/m^2$$

وبالتعويض عن (I) في المعادلة (1):

$$10^{-3} = \frac{0.8}{4 \times 3.14 r^2}$$

$$r^2 = 63.69 \ m^2$$

$$r = 7.98 \ m$$

---

مسألة رقم (6.11)

اذا كان مستوى الشدة لمصدر صوتي عند مسافة (15m) هو (80 dB). أوجد قدرة المصدر الصوتي.

---

الحل:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

حيث (P) قدرة المصدر، و ($4\pi r^2$) المساحة السطحية للدائرة التي مركزها المصدر. ونجد (I) من المعادلة:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$8 = \log I + 12$$

$$\log I = -4$$

www.ufebooks.com

$$I = 10^{-4} \quad W/m^2$$

وبالتعويض عن (I) في المعادلة (1) :

$$10^{-4} = \frac{P}{4\pi(15)^2}$$

$$P = 0.2826 \quad W$$

مسألة رقم (6.12)

أحسب سعة الضغط لموجة صوتية (0.01mm) اذا كان ترددها (1200 Hz) وسرعتها في الهواء (340 m/s).

[المعامل الحجمي للهواء ($1.42 \times 10^5$ Pa)].

الحل :

نستخدم المعادلة :

$$P_A = BAk \qquad (1)$$

ونجد (k) من العلاقة :

$$c = f\lambda$$

$$340 = 1200\ \lambda$$

$$\lambda = 0.283 \ m$$

ولكن :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$= \frac{2 \times 3.14}{0.283}$$

$$k = 22.2 \ m^{-1}$$

وبالتعويض عن (k) في المعادلة (1) :

$$P_A = 1.42 \times 10^5 \times 0.01 \times 10^{-3} \times 22.2$$

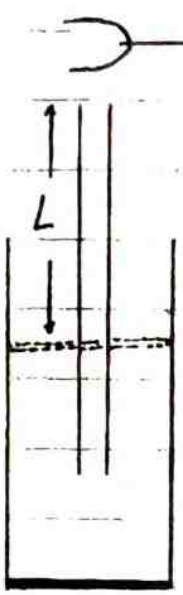
$$= 31.5 \ Pa$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.13)

أنبوبة مفتوحة الطرفين طولها (35 cm) مغموسة عموديا في الماء. وعندما قُرّبت شوكة رنانة تردد (480Hz) من فوهتها، سُمع الرنين الأول عندما (17.9cm). أوجد أقل تردد « التردد الأساسي » يمكنه أن يحدث رنينا عندما تكون الأنبوبة خارج الماء.

الحل :




عندما تكون الأنبوبة في الماء كما في الشكل، فإنها تكون مفتوحة من طرف واحد، ويحدث الرنين الأول عند :

$$\lambda = 4L$$

حيث (L) طول العمود الهوائي، أي أن :

$$\lambda = 4 \times 17.9 = 71.6 \text{ cm}$$

وتكون سرعة الصوت (c) :

$$c = f\lambda$$

$$= 480 \times 71.6$$

$$= 343.68 \text{ m/s}$$

وعندما تكون الأنبوبة خارج الماء، فإنها تكون مفتوحة الطرفين، ويحدث التردد الأساسي عند :

$$\lambda = 2L$$

حيث (L) طول الأنبوبة :

$$\lambda = 2 \times 0.35 = 0.7 \text{ m}$$

ونجد التردد من العلاقة :

$$c = f\lambda$$

$$343.68 = f(0.7)$$

$$f = 491 \text{ Hz}.$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.14)

يصدر مصدران صوتيان موجات صوتية طول الموجي (6.7 m) و (6.32 m). بفرض أن سرعة الصوت (335 m/s)، أوجد عدد الضربات الناتجة.

الحل :

عدد الضربات هو الفرق بين ترددي الموجتين، أي $|f_1 - f_2|$

ونجد $(f_1)$ و $(f_2)$ من العلاقة :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f_1 = \frac{335}{6.7} = 50 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{335}{6.32} = 53 \text{ Hz}$$

أي أن تردد الضربة (53 − 50 = 3 Hz).

مسألة رقم (6.15)

ينبعث عن مصدر صوتي ساكن صوت تردده (450 Hz).

ما هو التردد الذي يسمعه ملاحظ :

أ- إذا كان يتحرك مبتعداً عن المصدر بسرعة (10 m/s).

ب- إذا كان يتحرك مقترباً من المصدر بسرعة (10 m/s).

[سرعة الصوت في الهواء (335 m/s)].

الحل :

أ- المسألة رسماً :

المصدر (S) — سرعة الصوت (C) — الملاحظ (O)

$v_s = 0$ ● ⟵ ⟵ ● $v_0 = 10$ m/s

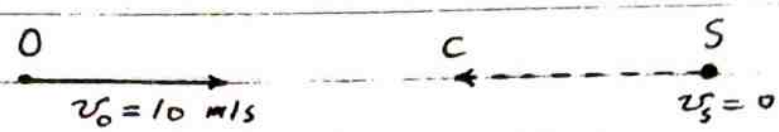
وباستخدام المعادلة :

$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{f_o}{335 - 10} = \frac{450}{335 + 0}$$

www.utebooks.com

$$f_o = 437 \text{ Hz}$$




$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

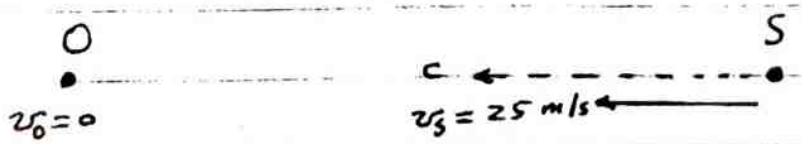
$$\frac{f_o}{335 + 10} = \frac{450}{335 + 0}$$

$$f_o = 463 \text{ Hz}.$$

مسألة رقم (6.16)

تتحرك سيارة بسرعة (25 m/s) نحو ملاحظ ساكن، فاذا كان تردد الصوت الذي يصدر عن منبهها (400 Hz)، أوجد التردد الذي يسمعه الملاحظ. [($c_{air} = 340$ m/s)].

الحل :




$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{f_o}{340 + 0} = \frac{400}{340 - 25}$$

$$f_o = 432 \text{ Hz}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (6.17)

في المسألة السابقة ، أفرض أن السيارة تتحرك مبتعدة عن الملاحظ الساكن بنفس السرعة .

الحل :

$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{f_o}{340 + 0} = \frac{400}{340 + 25}$$

$$f_o = 373 \text{ Hz}$$

مسألة رقم (6.18)

يصدر عن مصدر صوتي يتحرك مبتعداً عن ملاحظ ساكن إشارة تردد ها (600 Hz) ، فإذا كان الملاحظ يسمع صوتاً تردده (565 Hz) ، أوجد التردد الذي يسمعه الملاحظ عندما يتحرك المصدر نحو الملاحظ بنفس السرعة . [$c_{air} = 340$ m/s]

الحل :

المصدر مبتعداً :

$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

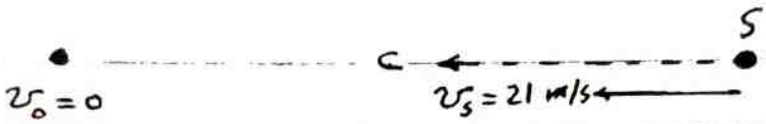
www.utebooks.com

$$\frac{565}{340+0} = \frac{600}{340+v_s}$$

$$v_s = 21 \ m/s$$

وهي السرعة التي يتحرك بها المصدر مبتعداً عن الملاحظ .

في حالة عندما يكون المصدر مقترباً من الملاحظ بسرعة (21 m/s) :




$$\frac{f_o}{c+v_o} = \frac{f_s}{c+v_s}$$

$$\frac{f_o}{340+0} = \frac{600}{340-21}$$

$$f_o = 640 \ Hz$$

مسألة رقم (6-19)

يتحرك مصدر صوتي تردده (500 Hz) مبتعداً عن ملاحظ ساكن ، وتحوم حائط بسرعة (1.5 m/s) ، أوجد عدد الضربات التي يسمعها الملاحظ بفرض أن سرعة الصوت (336 m/s) .

الحل :

التردد الذي يسمعه الملاحظ من المصدر مباشرة :

$$\frac{f_o}{c+v_o} = \frac{f_s}{c+v_s}$$

www.utebooks.com

$$\frac{f_o}{336+0} = \frac{500}{336+1.5}$$

$$f_o = 498 \text{ Hz}$$

وينعكس الصوت عن الحائط بنفس التردد، ولكن سرعته تكون نحو الملاحظ، فيسمع الملاحظ التردد :

$$\frac{f_o}{c+v_o} = \frac{f_s}{c+v_s}$$

$$\frac{f_o'}{336+0} = \frac{500}{336-1.5}$$

$$f_o' = 502 \text{ Hz}.$$

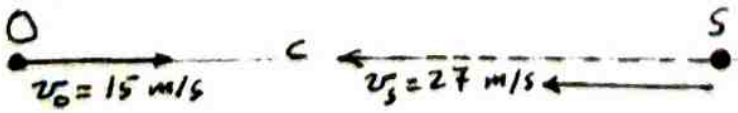
أي أن تردد الضربة ( $502-498 = 4$ Hz )

مسألة رقم (6/20)

تتحرك سيارتان في اتجاه بعضهما البعض، فإذا كانت سرعة السيارة الأولى (15 m/s) وسرعة السيارة الثانية (27 m/s)، وكان تردد الصوت الذي ينبعث من كل سيارة (500 Hz)، أوجد التردد الذي يسمعه كل سائق. [$(C_{air} = 340 \text{ m/s})$].

الحل :

التردد الذي يسمعه السائق الأول :




$$\frac{f_o}{c+v_o} = \frac{f_s}{c+v_o}$$

www.utebooks.com

$$\frac{f_o}{340+15} = \frac{500}{340-27}$$

$$f_o = 567 \quad Hz$$

والتردد الذي يسمعه السائق الثاني :

$$\frac{f_s}{c+v_s} = \frac{f_o}{c+v_o}$$

$$\frac{500}{340-15} = \frac{f_o}{340+27}$$

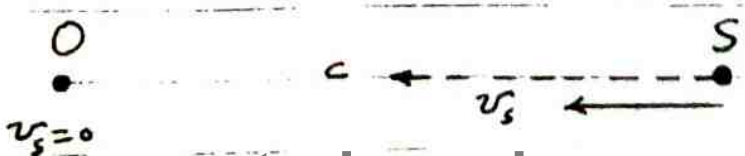
$$f_o = 565 \quad Hz$$

مسألة رقم (6/21)

يرصد شرطي مرور سائق سيارة اسعاف تاذية نحوه موجبا أن تردد صفارة انذارها (620 Hz)، وأن تردد الصفارة وهي مبتعدة عنه (490 Hz). أوجد سرعة السيارة وتردد صفارة الانذار . [$c_{air} = 340 m/s$].

الحل :

في حالة السيارة وهي تتحرك نحو الشرطي :



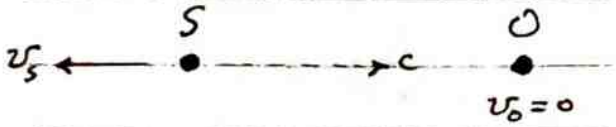

www.utebooks.com

$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{620}{340 + 0} = \frac{f_s}{340 - v_s}$$

$$340 f_s = 210800 - 620 v_s \quad (1)$$

وبعد أن اجتازت السيارة الشرطي مبتعدة عنه :




$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{490}{340 + 0} = \frac{f_s}{340 + v_s}$$

$$340 f_s = 166600 + 490 v_s \quad (2)$$

وبمقارنة المعادلتين (1) و (2) نجد أن :

$$210800 - 620 v_s = 166600 + 490 v_s$$

$$1110 v_s = 44200$$

$$v_s = 39.8 \text{ m/s}$$

وبالتعويض عن ($v_s$) في المعادلة (1) ، [أو (2)] نجد أن :

$$340 f_s = 210800 - 620 (39.8)$$

$$f_s = 547 \text{ Hz}$$

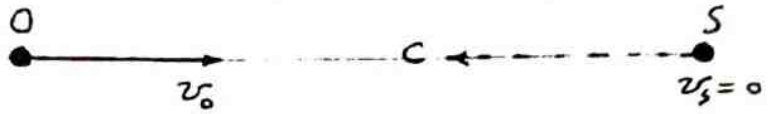
www.utebooks.com

مسألة رقم (6.22)

يتحرك ملاحظ نحو مصدر ساكن تردده (540 Hz)، فإذا كان التردد الذي يسمعه (575 Hz)، أوجد سرعة الملاحظ.

$[C_{air} = 340\ m/s]$

الحل:




$$\frac{f_o}{C + v_o} = \frac{f_s}{C + v_s}$$

$$\frac{575}{340 + v_o} = \frac{540}{340 + 0}$$

$$v_o = 22\ m/s$$

مسألة رقم (6.23)

يتحرك ملاحظ بسرعة (15 m/s) نحو مصدر صوتي ساكن، فلاحظ بعد مروره به أن هناك تغيرًا في التردد مقداره (45 Hz)، أوجد تردد المصدر. $[C_{air} = 335\ m/s]$.

الحل:

عندما يكون الملاحظ مقتربًا من المصدر:

$$\frac{f_o}{C + v_o} = \frac{f_s}{C + v_s}$$

www.utebooks.com

$$\frac{f_o}{335+15} = \frac{f_s}{335+0}$$

$$f_o = \frac{350}{335} f_s \quad (1)$$

وعندما يكون الملاحظ مبتعداً عن المصدر :

$$\frac{f_s}{335+0} = \frac{f_o'}{335-15}$$

$$f_o' = \frac{320}{335} f_s \quad (2)$$

وبطرح المعادلة (2) من (1) :

$$f_o - f_o' = \frac{350}{335} f_s - \frac{320}{335} f_s$$

$$45 = \left(\frac{350}{335} - \frac{320}{335}\right) f_s$$

$$f_s = 502.5 \text{ Hz}$$

---

مسألة (6.24)

تلاحق سيارة سرعتها (40 m/s) عائلة تتحرك بسرعة (15 m/s). فإذا كان تردد منبه السيارة (400 Hz)، أوجد التغير في التردد الذي يسمعه سائق العائلة بعد أن تجتازه السيارة. ($C_{air} = 340$ m/s).

الحل :

www.utebooks.com

عندما تكون الحافلة أمام السيارة :

$$\frac{f_s}{c + v_s} = \frac{f_o}{c + v_o}$$

$$\frac{400}{340 - 40} = \frac{f_o}{340 - 15}$$

$$f_o = 433.3 \text{ Hz}$$

بعد أن تجتاز السيارة الحافلة :

$$\frac{f_o}{c + v_o} = \frac{f_s}{c + v_s}$$

$$\frac{f_o'}{340 + 15} = \frac{400}{340 + 40}$$

$$f_o' = 373.7 \text{ Hz}$$

أي أن التغير في التردد :

$$433.3 - 373.7 = 59.6 \text{ Hz}$$

www.utebooks.com

# 7 انتشار الضوء

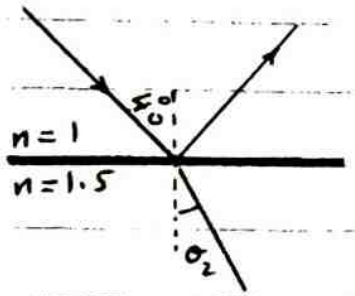
## Propagation of light

ww.utebooks.com

مسألة رقم (7.1)

يسقط شعاع ضوئي على سطح سائل معامل انكساره (1.5) بزاوية سقوط مقدارها (40°)، فانعكس جزء منه وانكسر الباقي. أوجد زاوية الانعكاس وزاوية الانكسار.

الحل :




زاوية الانعكاس = 40°

ونجد زاوية الانكسار من قانون سنيل :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1 \times \sin 40^\circ = 1.5 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sin 40^\circ}{1.5}$$

$$= \frac{0.643}{1.5} = 0.429$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} 0.429 = 25.4^\circ$$

مسألة رقم (7.2)

يسقط شعاع ضوئي على سطح زجاجي بزاوية سقوط مقدارها (35.4°) فينكسر بزاوية مقدارها (25.2°). أوجد معامل انكسار الزجاج.

الحل :

نستخدم قانون سنيل :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

www.utebooks.com

$$1 \times \sin 35.4^\circ = n_2 \sin 25.2^\circ$$

$$n_2 = \frac{\sin 35.4^\circ}{\sin 25.2^\circ}$$

$$= \frac{0.579}{0.426}$$

$$n_2 = 1.6$$

مسألة رقم (7.3)

اذا سقط شعاع ضوئي بزاوية مقدارها ($47.3^\circ$) على سائل فانه ينكسر بزاوية مقدارها ($28.8^\circ$). أوجد سرعة الضوء في السائل.

الحل :

نجد أولا معامل الانكسار من قانون سنيل :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1 \times \sin 47.3^\circ = n_2 \sin 28.8^\circ$$

$$n_2 = \frac{\sin 47.3^\circ}{\sin 28.8^\circ} = \frac{0.735}{0.482}$$

$$n_2 = 1.53$$

ومن العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

حيث (c) سرعة الضوء في الفراغ ، و (v) سرعة الضوء في السائل :

$$1.53 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

$$v = 1.96 \times 10^8 \quad m/s$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (7.4)

أوجد الزاوية الحرجة لسائل معامل انكساره (1.65)، وأوجد سرعة الضوء فيه.

الحل :

$$n = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$1.65 = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$\sin\theta_c = \frac{1}{1.65} = 0.606$$

$$\theta_c = \sin^{-1} 0.606$$

$$\theta_c = 37.3^\circ$$

ونجد سرعة الضوء من العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$1.65 = \frac{3\times10^8}{v}$$

$$v = 1.82 \times 10^8 \ m/s$$

مسألة رقم (7.5)

أوجد الزاوية الحرجة لسائل سرعة الضوء فيه ($2\times10^8$ m/s).

الحل :

نجد أولا معامل الانكسار من العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$= \frac{3\times10^8}{2\times10^8} = 1.5$$

ومن قانون سنيل :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

www.utebooks.com

$$1.5 \sin\theta_c = 1 \times \sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_c = \frac{1}{1.5} = 0.667$$

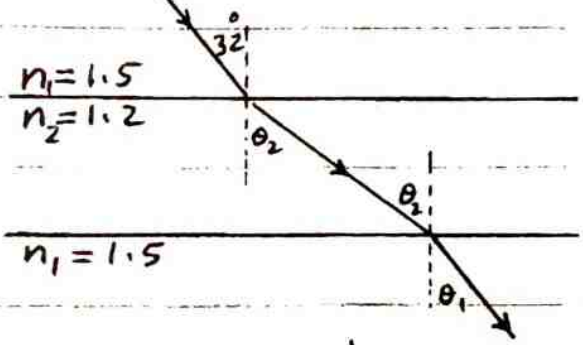
$$\theta_c = \sin^{-1} 0.667$$

$$\theta_c = 41.8^\circ$$

مسألة رقم (7.6)

يسقط شعاع ضوئي من وسط معامل انكساره (1.5) على وسط معامل انكساره (1.2) بزاوية مقدارها ($32^\circ$)، ثم يخرج الى الوسط الأول مرة أخرى، أوجد زاوية الخروج.

الحل:




نجد زاوية الانكسار في الوسط ($n_2 = 1.2$) من قانون سنيل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1.5 \sin 32^\circ = 1.2 \sin\theta_2$$

$$1.5 \ (0.53) = 1.2 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = 0.6625$$

$$\theta_2 = 41.49^\circ$$

وهي زاوية السقوط في الوسط ($n_2 = 1.2$). ولايجاد زاوية الخروج ($\theta_1$) في الوسط ($n_1 = 1.5$)، نستخدم قانون سنيل مرة أخرى:

$$1.2 \sin 41.49^\circ = 1.5 \sin\theta_1$$

www.utebooks.com

$$\sin\theta_1 = 0.53$$

$$\theta_1 = 32^\circ$$

أي أن الشعاع الخارج يكون موازيا للشعاع الساقط.

مسألة رقم (7.7)

اذا كان الطول الموجي للضوء الأخضر (550 nm)، أوجد طوله الموجي في زجاج معامل انكساره (1.8).

الحل :

نجد تردد الضوء في الفراغ من العلاقة :

$$c = f\lambda$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{550\times10^{-9}} = 5.45\times10^{14}\ Hz$$

ونجد سرعة الضوء في الوسط من العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$1.8 = \frac{3\times10^{8}}{v}$$

$$v = 1.67\times10^{8}\ m/s$$

وحيث أن تردد الضوء لا يتغير، فإن الطول الموجي في الزجاج نجده من المعادلة :

$$v = f\lambda$$

$$1.67\times10^{8} = 5.45\times10^{14}\ \lambda$$

$$\lambda = 0.306\times10^{-6}\ m$$

$$= 306\times10^{-9}\ m$$

$$\lambda = 306\ nm$$

ويمكن أن نجد العلاقة بين الطول الموجي للضوء في الفراغ ($\lambda_0$) والطول الموجي للضوء ($\lambda_n$) في وسط معامل انكساره ($n$) كالآتي :

www.utebooks.com

$$c = f \lambda_0$$

$$v = f \lambda_n$$

أي أن :

$$\frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda_n}$$

ولكن :

$$\frac{c}{v} = n$$

أي أن :

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda_n} \quad (1) \Longleftarrow$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_n = \frac{550}{1.8} = 306 \text{ nm}$$

مسألة رقم 7.8

شعاع ضوئي طوله الموجي (6800 Å)، أوجد سرعته في زجاج معامل انكساره (1.5)، وأوجد طوله الموجي في الزجاج .

الحل :

نجد السرعة من العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$1.5 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

$$v = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

لإيجاد الطول الموجي في الزجاج، نجد أولاً التردد في الفراغ :

$$c = f \lambda$$

$$3 \times 10^8 = f \times 6800 \times 10^{-10}$$

$$f = 4.412 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

وحيث أن تردد الضوء لا يتغير، فنجد الطول الموجي للضوء في الزجاج من العلاقة :

www.utebooks.com

$$v = f \lambda$$

$$2 \times 10^{8} = 4.412 \times 10^{14} \times \lambda$$

$$\lambda = 0.4533 \times 10^{-6} \ m$$

$$= 4533 \times 10^{-10} \ m$$

$$\lambda = 4533 \ \text{Å}$$

أيضا ، يمكن أن نجد ($\lambda$) من العلاقة المشتقة "المعادلة (11)" من المسألة السابقة :

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_n = \frac{6800}{1.5} = 4533 \ \text{Å}$$

مسألة رقم (7.9)

يسقط شعاع ضوئي على سطح سائل بزاوية ($32^\circ$). فاذا كانت سرعة الضوء في السائل ($1.4 \times 10^8 \ m/s$) ، أوجد زاوية الانكسار.

الحل :

نجد أولا ($n$) من العلاقة :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n = \frac{3 \times 10^8}{1.4 \times 10^8} = 2.14$$

ونجد زاوية الانكسار من قانون سنيل :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1 \times \sin 32^\circ = 2.14 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sin 32^\circ}{2.14} = \frac{0.53}{2.14} = 0.248$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} 0.248 = 14.36^\circ$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (7.10)

أوجد الزمن اللازم ليقطع الضوء مسافة (20m) في الماء. [$n_{الماء} = 1.33$]

الحل:

نجد سرعة الضوء في الماء من العلاقة:

$$n = \frac{c}{v}$$

$$1.33 = \frac{3\times10^8}{v}$$

$$v = 2.25\times10^8 \ m/s$$

وحيث أن: [المسافة = السرعة (v) × الزمن (t)]

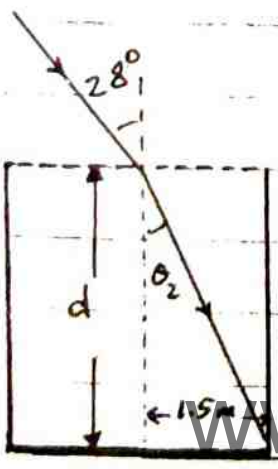
$$t = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}} = \frac{20}{2.25\times10^8}$$

$$t = 8.9\times10^{-8} \ s$$

مسألة رقم (7.11)

خزان اسطواني قطره (3m) مملوء تماما بالماء. عندما تسقط أشعة الشمس بزاوية مقدارها ($28^\circ$) فان الأشعة لن تضيء قاع الخزان، أوجد ارتفاع الخزان. [$n_{الماء} = 1.33$]

الحل:




نجد زاوية الانكسار ($\theta_2$) في الماء من قانون سنيل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1\times\sin28^\circ = 1.33\sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sin28^\circ}{1.33} = 0.353$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}0.353 = 20.67^\circ$$

من المثلث الذي بالشكل، حيث الزاوية

www.utebooks.com

المقابلة للضلع (1.5 m) تساوي (20.67°)، وطول الضلع الآخر (d)، وهو ارتفاع الخزان، فيكون:

$$\tan\theta_c = \frac{1.5}{d}$$

$$\tan 20.67^\circ = \frac{1.5}{d}$$

$$d = 3.976 \text{ m}$$

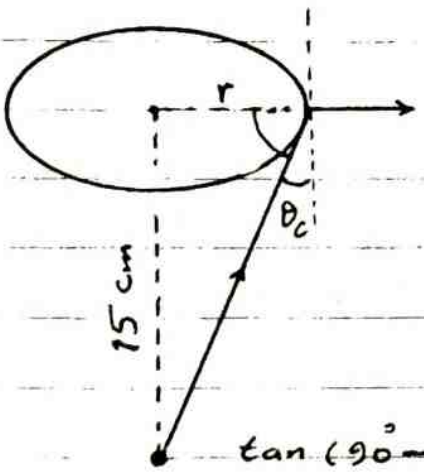
---

مسألة رقم (7.12)

مصدر ضوئي في قاع إناء به ماء ارتفاعه (15 cm). أوجد قطر أكبر دائرة على سطح الماء يمكن أن ينفذ منها الضوء للهواء. [$n_{\text{الماء}} = 1.33$].

الحل:

نجد أولا الزاوية الحرجة ($\theta_c$) من العلاقة:




$$n = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$1.33 = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$\sin\theta_c = 0.752$$

$$\theta_c = 48.75^\circ$$

ومن الشكل المقابل:

$$\tan\theta = \frac{15}{r}$$

$$\tan(90^\circ - 48.75^\circ) = \frac{15}{r}$$

$$\tan 41.25^\circ = \frac{15}{r}$$

$$r = 17.1 \text{ cm}$$

أي أن:

$$d = 2r$$ (قطر الدائرة)

$$= 2 \times 17.1$$

$$= 34.2 \text{ cm}$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (7.13)

وُضعت قطعة معدنية في قاع خزان مملوء بسائل زاويته الحرجة (48°). فإذا كان عمق الخزان (4m)، أوجد البعد الظاهري الذي تبدو عنده القطعة قريبة من سطح السائل.

الحل :

نجد البعد الظاهري من العلاقة :

$$n = \frac{\text{البعد الحقيقي}}{\text{البعد الظاهري}} = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

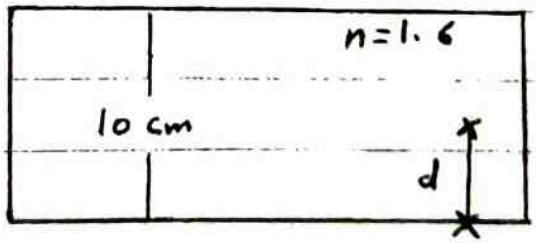
$$\frac{1}{\sin 48^\circ} = \frac{4}{\text{البعد الظاهري}}$$

$$\text{البعد الظاهري} = 4 \times \sin 48^\circ$$

$$= 2.97 \text{ m}$$

مسألة رقم (7.14)

وُضع تالب زجاجي سمكه (10 cm) ومعامل انكساره (1.6) فوقه بقعة حبر كما في الشكل. أوجد مقدار إزاحة النقطة (d).




الحل :

$$n = \frac{\text{البعد الحقيقي}}{\text{البعد الظاهري}}$$

حيث ($n = 1.6$)، والبعد الحقيقي = ($10 \text{ cm}$)، والبعد الظاهري = $(10 - d)$.

www.utebooks.com

$$1.6 = \frac{10}{10 - d}$$

$$16 - 1.6d = 10$$

$$d = 3.75 \text{ cm}$$

مسألة رقم (7.15)

اذا كان معامل انكسار الضوء في الزجاج (1.5)، وفي سائل آخر (1.2)، أوجد الزاوية الحرجة بين الوسطين.

الحل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

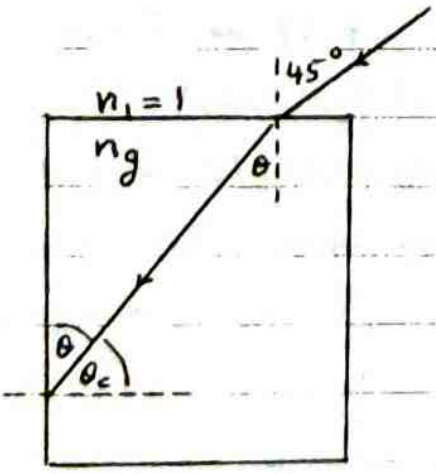
$$1.5 \sin\theta_c = 1.2 \sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_c = 0.8$$

$$\theta_c = 53.13^\circ$$

مسألة رقم (7.16)

يسقط شعاع ضوئي بزاوية ($45^\circ$) على قطعة زجاجية كالتي في الشكل، أوجد ماذا يجب أن يكون معامل انكسار الزجاج حتى يحدث انعكاس كلي على الوجه العمودي للقطعة.




الحل:

www.utebooks.com

على الوجه العلوي :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$1 \times \sin 45^\circ = n_g \sin\theta$$

حيث ($n_g$) معامل انكسار الزجاج ،

$$n_g \sin\theta = 0.707 \quad (1)$$

وعلى الوجه العمودي ، ليحدث انعكاس كلي :

$$n_g \sin\theta_c = 1 \times \sin 90^\circ$$

$$n_g \sin(90 - \theta) = 1$$

$$n_g \cos\theta = 1 \quad (2)$$

وبقسمة (1) على (2) :

$$\tan\theta = 0.707$$

$$\theta = 35.26^\circ$$

وبالتعويض في المعادلة (1) :

$$n_g \sin 35.26^\circ = 0.707$$

$$n_g = 1.225$$

---

مسألة رقم (7.17)

أوجد زاوية أدنى انحراف لمنشور مصنوع من الزجاج معامل انكساره (1.7) ، وزاوية رأسه ($60^\circ$) .

---

الحل :

نستخدم المعادلة :

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(A + D)}{\sin\frac{1}{2}A}$$

$$1.7 = \frac{\sin\frac{1}{2}(60^\circ + D)}{\sin\frac{1}{2}(60^\circ)}$$

www.utebooks.com

$$\sin\tfrac{1}{2}(60^\circ + D) = 1.7 \sin 30^\circ$$

$$\sin\tfrac{1}{2}(60^\circ + D) = 0.85$$

وبأخذ الجيب المقابل ($\sin^{-1}$) للطرفين:

$$\tfrac{1}{2}(60^\circ + D) = 58.21^\circ$$

$$60^\circ + D = 116.42^\circ$$

$$D = 56.42^\circ$$ «زاوية أدنى انحراف»

---

مسألة رقم (7.18)

أوجد زاوية الرأس لمنشور معامل انكساره (1.5)، إذا كانت زاوية أدنى انحراف ($38^\circ$).

---

الحل:

نستخدم المعادلة:

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(A + D)}{\sin\frac{1}{2}A}$$

$$1.5 = \frac{\sin\frac{1}{2}(A + 38^\circ)}{\sin\frac{1}{2}A}$$

$$1.5 \sin\tfrac{1}{2}A = \sin\left(\frac{A}{2} + 19^\circ\right)$$

$$= \sin\frac{A}{2}\cos 19^\circ + \cos\frac{A}{2}\sin 19^\circ$$

$$1.5 \sin\tfrac{1}{2}A = 0.9455 \sin\tfrac{1}{2}A + 0.3256 \cos\tfrac{1}{2}A$$

$$0.5545 \sin\tfrac{1}{2}A = 0.3256 \cos\tfrac{1}{2}A$$

$$\frac{\sin\frac{1}{2}A}{\cos\frac{1}{2}A} = \frac{0.3256}{0.5545}$$

$$\tan\frac{A}{2} = 0.5872$$

$$\frac{A}{2} = 30.42^\circ \Rightarrow A = 60.84^\circ$$

www.utebooks.com

# 8 المرايا والعدسات

# Mirrors and lenses

ww.utebooks.com

مسألة رقم (8.1)

وُضع جسم أمام مرآة مقعرة على بعد (50 cm)، فإذا كان البعد البؤري للمرآة (12 cm)، أوجد بعد الصورة، وأوجد التكبير.

الحل:

القانون العام للمرايا والعدسات:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{50} + \frac{1}{q} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{12} - \frac{1}{50}$$

$$= \frac{50-12}{12\times 50}$$

$$q = \frac{600}{38}$$

$$= +15.79 \text{ cm}$$

أي أن الصورة حقيقية مقلوبة، وعلى بعد (15.79cm) من المرآة، ونجد التكبير من العلاقة:

"التكبير" $$M = \frac{q}{p} = \frac{15.79}{50}$$

$$= 0.32$$

مسألة رقم (8.2)

وُضع جسم طوله (5 mm) على بعد (30 cm) من عدسة محدبة بعدها البؤري (20 cm)، أوجد طول الصورة.

الحل:

www.utebooks.com

نجد أولا بعد الصورة (q) من القانون العام :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{q} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60}$$

$$q = +\ 60\ cm$$

أى أن الصورة حقيقية مقلوبة . ونجد التكبير من العلاقة :

$$M = \frac{I}{O} = \frac{q}{p}$$ « التكبير »

$$\frac{I}{0.5} = \frac{60}{30}$$

$$I = 1\ cm$$

أى أن طول الصورة (1 cm) .

---

مسألة رقم (8.3)

وضع جسم أمام مرآة محدبة على بعد (8 cm) فتكونت له صورة تقديرية على بعد (6 cm) ، أوجد البعد البؤرى للمرآة .

---

الحل :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

حيث ($p = 8\ cm$) ، ($q = -6\ cm$) ، الاشارة السالبة تعنى أن الصورة تقديرية ،

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{-6} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{6-8}{48} = -\frac{2}{48}$$

$$f = -\ 24\ cm$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (8.4)

عندما وُضع جسم أمام مرآة مقعرة على بعد (25 cm) تكونت له صورة حقيقية مماثلة له في الطول ، أوجد البعد البؤري للمرآة .

الحل :

$M = \frac{q}{p}$ «التكبير»

وحيث أن طول الجسم = طول الصورة ، فإن التكبير = 1

$1 = \frac{q}{25}$

$q = +25 \text{ cm}$

ولإيجاد البعد البؤري نستخدم القانون العام :

$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{25} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f}$

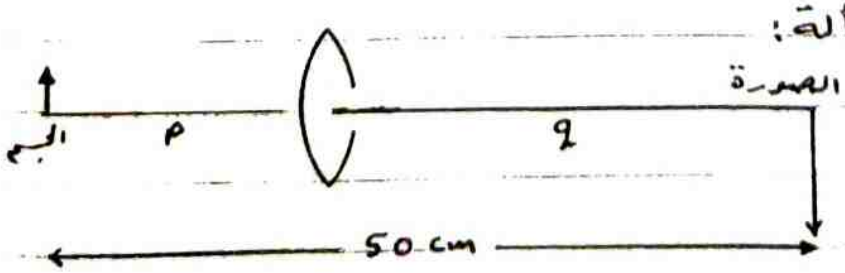
$f = 12.5 \text{ cm}$

مسألة رقم (8.5)

إذا كانت المسافة بين جسم وصورته المتكونة بواسطة عدسة محدبة (50 cm) ، وكانت الصورة أطول من الجسم بأربع مرات ومقلوبة ، أوجد البعد البؤري للعدسة .

الحل :

نرسم المسألة :




القانون العام للعدسات :

$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

www.utebooks.com

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{50-p} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

وأيضا :

$$M = \frac{q}{p}$$

$$4 = \frac{50-p}{p}$$

$$4p = 50 - p$$

$$p = 10 \text{ cm}$$

وبالتعويض عن (p) في المعادلة (1) :

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{50-10} = \frac{1}{f}$$

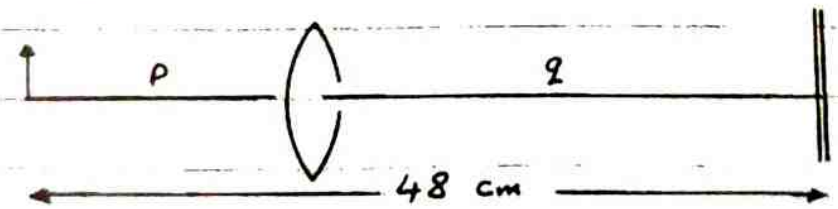
$$f = 8 \text{ cm}$$

مسألة رقم (8.6)

اذا كانت المسافة بين جسم وحائل (48 cm)، أوجد أين يجب أن توضع عدسة محدبة بعدها البؤري (9 cm) حتى تتكون له صورة على الحائل .

الحل :

نرسم المسألة :




$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{48-p} = \frac{1}{9}$$

$$\frac{(48-p) + p}{p(48-p)} = \frac{1}{9}$$

$$9(48-p) + 9p = 48p - p^2$$

www.utebooks.com

$$432 - 9p + 9p = 48p - p^2$$

$$p^2 - 48p + 432 = 0$$

$$(p-12)(p-36) = 0$$

أي أن:

$p = 36\ cm$ أو : $p = 12\ cm$

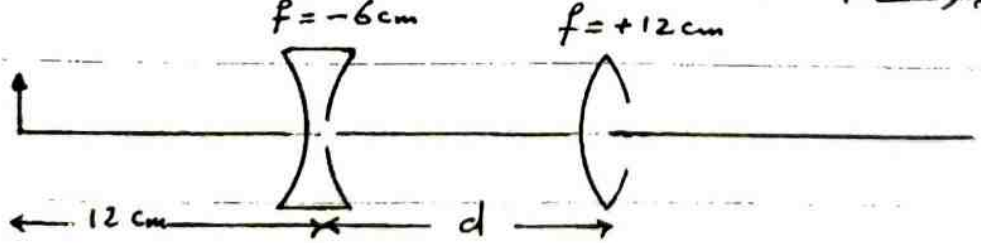
أي أن العدسة يمكن أن توضع على بعد (36 cm) أو (12 cm) من الجسم.

مسألة رقم (8.7)

وُضع جسم على بعد (12 cm) يسار عدسة مفرقة بعدها البؤري (−6 cm). ووُضعت عدسة مجمعة بعدها البؤري (12 cm) على يمين العدسة المفرقة بحيث كانت المسافة بينهما (d). أوجد (d) اذا تكونت صورة نهائية للجسم في مالانهاية.

الحل:

المسألة رسمًا:




نجد أولا صورة الجسم المتكونة بواسطة العدسة (−6 cm):

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-6}$$

$$q = -4\ cm$$

أي أن الصورة تكونت على بعد (4 cm) يسار العدسة

ww.utebooks.com

المفرقة . هذه الصورة ستكون جسما للعدسة المجمعة وعلى بعد $(d+4)$ ، وستتكون له صورة بواسطة العدسة المجمعة في ما لانهاية .

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d+4} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{12}$$

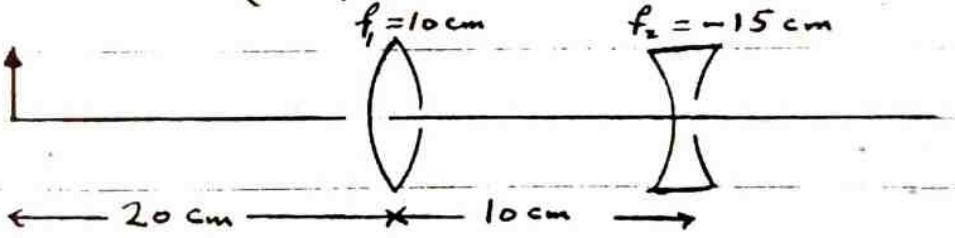
$$\frac{1}{d+4} + 0 = \frac{1}{12}$$

$$d+4 = 12$$

$$d = 8 \text{ cm}$$

مسألة رقم (8.8)

في الشكل ، أوجد الصورة النهائية للجسم .




الحل :

في الصورة المتكونة للجسم بواسطة العدسة $(f_1)$ :

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{10}$$

$$q_1 = 20 \text{ cm}$$

أي أن الصورة تكونت على بعد (20 cm) يمين العدسة $(f_1)$ ، أي على بعد (10 cm) من العدسة $(f_2)$ من الجهة الأخرى ، أي (10 cm) يسار العدسة $(f_2)$ ، وهذه الصورة تعتبر جسما للعدسة $(f_2)$ ،

www.utebooks.com

ولكن حيث أنها عن الجهة الأخرى للعدسة ($f_2$) فإنها تكون جسماً غير حقيقي ، وبالتالي تكون ($p_2 = -10\,cm$) ، ونجد الصورة المتكونة بواسطة العدسة ($f_2$) من القانون العام :

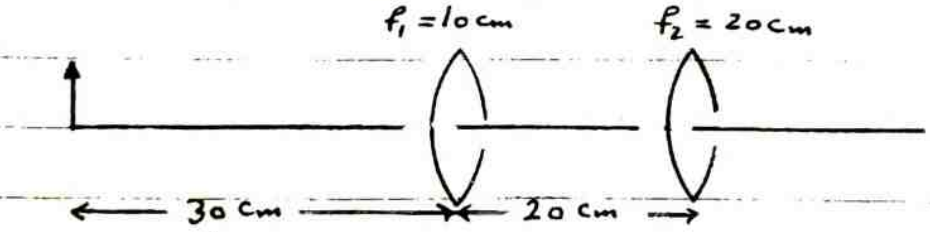
$$\frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{-10} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{-15}$$

$$q_2 = 30\ cm$$

مسألة رقم (8.9)

في الشكل ، أوجد بعد الصورة النهائية والتكبير الكلي.




الحل :

نجد الصورة المتكونة للجسم بواسطة العدسة ($f_1$) :

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{10}$$

$$q_1 = 15\ cm$$

ويكون التكبير بواسطة العدسة ($f_1$) :

$$M = \frac{q_1}{p_1} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$$

هذه الصورة تكون جسماً للعدسة ($f_2$) ، وتكون على بعد ($20 - 15 = 5\ cm$) من العدسة ($f_2$) ، ونجد الصورة المتكونة بواسطة

www.utebooks.com

العدسة ($f_2$) من القانون العام للعدسات :

$$\frac{1}{A_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{20}$$

$$q_2 = -6.67$$

أى أن الصورة النهائية تكون غير حقيقية ، وتكون على يسار العدسة ($f_2$) ، وعلى بعد (6.67 cm) منها ، ويكون التكبير :

$$M_2 = \frac{-6.67}{5} = -1.334$$

والاشارة السالبة تعنى أن الصورة النهائية غير حقيقية ، ويكون التكبير الكلى :

$$M = M_1 M_2 = \frac{1}{2} \times -1.334$$

$$= -0.667$$

---

مسألة رقم (8.10)

وُضع جسم على بعد (1.2 cm) من العدسة الشيئية لمجهر مركب . فاذا كان البعد البؤرى للعدسة الشيئية (1.1 cm) ، وللعينية (3 cm) ، وكانت المسافة بين العدستين (15.9 cm) [أى طول المجهر] ، أوجد تكبير المجهر .

الحل :

www.utebooks.com

نستخدم القانون العام للعدسة الشيئية حيث ($p_1 = 1.2$ cm) ، و ($f_1 = 1.1$ cm) ، والمطلوب ايجاد ($q_1$) :

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{1.2} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{1.1}$$

$$q_1 = 13.2 \text{ cm}$$

وهذه الصورة تصبح هي للعدسة العينية ، وتكون على بعد ($p_2 = 15.9 - 13.2 = 2.7$ cm) منها.

وباستخدام القانون العام للعدسة العينية :

$$\frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{2.7} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{3}$$

$$q_2 = -27 \text{ cm}$$

ويكون تكبير المجهر :

$$M = M_1 \; M_2$$

$$= \left| \frac{q_1}{p_1} \times \frac{q_2}{p_2} \right|$$

$$M = \left| \frac{13.2}{1.2} \times \frac{27}{2.7} \right| = 110$$

---

مسألة رقم (8.11)

اذا كانت النقطة البعيدة لشخص قصير النظر هي (3.2 m) ، أوجد قوة العدسة اللازمة لتصحيح النظر .

---

الحل :

الجسم المراد رؤيته يكون في اللانهاية ، أي أن ($p = \infty$) ،

www.utebooks.com

ويحتاج الشخص الى عدسة لتكوّن له صورة تقديرية عند النقطة البعيدة لعينه ، أي عند ($q = -3.2\,cm$) ، وباستخدام القانون :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{-3.2} = \frac{1}{f}$$

$$f = -3.2\ m$$

"قوة العدسة" $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-3.2} = -0.3125$ diopters

مسألة رقم (8.12)

أوجد النقطة القريبة لشخص بعيد النظر يستخدم عدسة قوتها ($+2.5$ diopters) .

الحل :

يكون الجسم على بعد ($p = +25\,cm$) ، وتتكوّن له صورة تقديرية عند النقطة القريبة . نجد أولا البعد البؤري للعدسة من العلاقة :

$$D = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2.5} = 0.4\ m = 40\,cm$$

ونجد النقطة القريبة ($q$) من القانون العام :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{q} = \frac{1}{40}$$

$$q = -66.67\ cm$$

www.utebooks.com

مسألة رقم (8.13)

ثلاث عدسات متلاصقة أبعادها البؤرية (10 cm) و (−20 cm) و (30 cm)، أوجد البعد البؤري المكافئ، وأوجد قوة العدسة المكافئة.

الحل:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{-20} + \frac{1}{30}$$

$$= \frac{5}{60}$$

$$f = 12 \text{ cm}$$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.12} = +8.33 \text{ diopters.}$$

ww.utebooks.com

# نماذج لامتحانات ( QCM )

ارشادات :

1- اقرأ المسألة أو السؤال جيدا .
2- أوجد الحل وقارن الاجابة بأحد الاجابات الموجودة في ( A, B, C, D ) .
3- تأكد من الوحدات المستعملة .
4- أختر الاجابة الصحيحة ، وضع حرفها في المربع المقابل .
5- اختيارك لأكثر من اجابة يُعتبر خطأ .

www.utebooks.com

نموذج (1)

الاسم ..... المجموعة .....

رقم القيد ..... القسم .....

ثوابت قد تحتاج اليها : الحرارة النوعية للماء (1 cal/g °C) ، الحرارة النوعية للثلج (0.5 cal/g °C) ، الحرارة الكامنة لانصهار الثلج (80 cal/g).

اختر اجابة واحدة فقط وضع علامة في المربع المقابل.

1- اذا كان معامل التمدد الحجمي لمعدن ($2.7\times10^{-5}$ /°C)، فان معامل التمدد السطحي:

B A) $0.9\times10^{-5}$/°C B) $1.8\times10^{-5}$/°C C) $2.7\times10^{-5}$/°C D) None*

2- أوجد كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (50 g) من الثلج في درجة الصفر المئوي الى (5 °C).

C A) 50 cal B) 20 cal C) 850 cal D) 0.0 cal

3- تعتمد كمية الحرارة المنتقلة خلال ساق عكسيا على:

D A) مساحة المقطع B) الزمن
C) الفرق في درجات الحرارة D) الطول

* None : تعني أن الاجابة الصحيحة غير موجودة ضمن الاختيارات

www.utebooks.com

نموذج (2)

الاسم ..... المجموعة .....

رقم القيد ..... القسم .....

ثوابت قد تحتاج اليها: ($k = 1.381 \times 10^{-23}$ J/K)، (سرعة الصوت 340 m/s)، ($R = 8.314$ J/mol K)، ($I_o = 10^{-12}$ W/m$^2$).

1- أوجد متوسط طاقة الحركة لجزئ من الغاز عند درجة حرارة (30°C).

☐ A) $6.2 \times 10^{-22}$ J B) $6.3 \times 10^{-21}$ J C) 45 J D) 0.0 J

2- بذل غاز شغلا مقداره (840 J) في عملية ايزوترمية، أوجد كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة.

☐ A) 840 J B) −840 J C) 0.0 J D) None

3- وحدات مستوى الشدة هي:

☐ A) dB B) W/m$^2$ C) Hz D) m$^{-1}$

4- يتحرك ملاحظ نحو مصدر صوتي ساكن تردده (680 Hz) بسرعة (25 m/s). أوجد التردد الذي يسمعه الملاحظ.

☐ A) 630 Hz B) 157.5 Hz C) 730 Hz D) None

www.utebooks.com

5- يحدث الانعكاس الداخلي الكلي عندما تكون زاوية السقوط :

A) أكبر من الزاوية الحرجة B) أصغر من الزاوية الحرجة
C) مساوية للزاوية الحرجة D) مساوية لزاوية الانعكاس

6- إذا كانت ($\gamma = 1.64$)، فإن الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط هي :

A) 8.314 J/molk B) 13 J/molK
C) 21.3 J/mol K D) None

7- أنبوبة مفتوحة من طرف واحد تصدر صوتا ذا تردد أساسي مقداره (125 Hz)، أوجد طول الأنبوبة.

A) 2.72 cm B) 0.36 cm C) 136 cm D) 68 cm

www.utebooks.com

# حل نموذج (2)

1- الاجابة الصحيحة (B).

$$K.E = \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}kT$$
$$= \frac{3}{2} \times 1.381 \times 10^{-23} \times (30+273)$$
$$= 6.3 \times 10^{-21} \text{ J}$$

* * * *

هناك احتمال ارتكاب خطأ.. وهو عدم تحويل درجة الحرارة المئوية الى تدريج كلفن فتحصل على الاجابة (A) $6.2 \times 10^{-23}$ J، والتي هي موجودة ضمن الاختيارات.. فحذار!!

2- الاجابة الصحيحة (A).

$$Q = W + \Delta U$$

في العملية الايزوثرمية تكون ($\Delta U = 0$)،

$$Q = 840 \text{ J}$$

3- الاجابة الصحيحة (A).

4- الاجابة الصحيحة (C).

$$\frac{f_o}{c+v_o} = \frac{f_s}{c+v_s}$$

$$\frac{f_o}{340+25} = \frac{680}{340+0}$$

$$f_o = 730 \text{ Hz}.$$

www.utebooks.com

ولكن قد ترتكب الخطأ التالي:

$$\frac{f_o}{340-25} = \frac{680}{340+0}$$

$$f_o = 630 \text{ Hz}$$

وهي أيضا اجابة موجودة ضمن الاختيارات !!

5 - الاجابة الصحيحة (B).

6 - الاجابة الصحيحة (C).

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow 1.64 = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_v = \frac{1}{1.64} C_p$$

ولكن:

$$C_p - C_v = R$$

$$C_p - \frac{1}{1.64} C_p = 8.314$$

$$C_p = 21.3 \text{ J/mol K}$$

7 - الاجابة الصحيحة (D).

$$f = \frac{c}{4L}$$

$$125 = \frac{340}{4L}$$

$$L = 0.68 \text{ m} = 68 \text{ cm}$$

* * * *

ولكن اذا استخدمت خطأ القانون:

$$f = \frac{c}{2L}$$

فانك ستجد أن ($L = 136$ cm) وهي الاجابة الخطأ (C).

www.utebooks.com

$\gamma =$

## الثوابت الفيزيائية
## ( Physical Constants)

$C_v = 12.5$

$C_p = ??$

| القيمة VAlue | الرمز Symbol | الثابت Constant |
|---|---|---|
| $3 \times 10^{8}$ m / s | c | سرعة الضوء في الفراغ. Speed of light in vacuum. |
| $6.022 \times 10^{23}$ $mol^{-1}$ | $N_A$ | عدد أفوجادرو. Avogadro's number. |
| 8.314 J $mol^{-1}$ $K^{-1}$ | R | ثابت الغاز العالمي. Univresal gas constant. |
| $1.38 \times 10^{-23}$ J . $K^{-1}$ | k | ثابت بولتزمان. Boltzmann's constant. |
| $5.67 \times 10^{-8}$ W . $m^{-2}$ $K^{-4}$ | $\sigma$ | ثابت ستيفن - بولتزمان. Stefen - Boltzmann's constant. |

ww.utebooks.com

هذا الكتاب ليس بديلا لكتابـنا الفيزياء الأساسـية ، ولكنه مكمل له .. ويحتوي هذا الكتاب على مسـائل متنوعة ومتدرجة الصعوبة مبتدئين بالمسائل التى نطبق فيها القانون مباشرة ثم تليها المسائل ذات الفكرة الواحدة ثم المسائل الأكثر تعقيدا والتي بها أكثر من فكرة .. ونكرر أن فهم الفيزياء لا يتأتى إلا بحل المسائل ..

ww.utebooks.com