1- تذكير بمفهوم الطاقة الداخلية

- كل جسم يملك طاقة داخلية يرمز لها بـ E_i و وحدتها الجول (J) ، هذه الطاقة ناتجة عن حركة الدقائق المجهرية المكونة لهذا الجسم (طاقة حركية) و الأفعال الكهربائية المتبادلة بين الشحنات الشحنات الموجبة و السالبة المكونة للأفراد الكيميائية لهذا الجسم (طاقة كامنة كهربائية) .
- عندما يحدث تغير في البنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري كحدوث تفاعل كيميائي أو يحدث تغير في الحالة الفيزيائية (انصهار ، تجمد ، .....) على المستوى العياني ، أو يحدث تغير في درجة الحرارة على المستوى العياني ، نقول أنه حدث تغير في الطاقة الداخلية لهذه المادة .
- للطاقة الداخلية مركبتين :
  - مركبة حرارية يرمز لها بـ E_{th} .
  - مركبة منسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية .

مرسا

• عبارة التحويل الحراري في حالة تغير درجة الحرارة :

- إذا ارتفعت (أو انخفضت) درجة حرارة جملة تتكون من مادة X ، تكون الجملة حتما اكتسبت (أو فقدت) طاقة بتحويل حراري Q ، يعبر عن مقدار هذا التحويل بالعلاقة :

$$Q = C\,(\theta_f - \theta_i) = mc_X\,(\theta_f - \theta_i)$$

حيث :

Q : مقدار التحويل الحرراي ، يقدر بالجول (J) .

m : كتلة المادة X ، تقدر بالكيلوغرام (kg)

θ_i : درجة الحرارة الابتدائية ، تقدر بالدرجة المئوية (^0C) .

θ_f : درجة الحرارة النهائية ، تقدر بالدرجة المئوية (^0C) .

c_X : السعة الحرارية الكتلية للمادة X وحدتها ($J/(kg\,.\,^0C)$) أو ($J/(kg\,.\,^0K)$) ، و هي ثابت يميز هذه المادة .

$C = mc$: السعة الحرارية للجملة عندما تتكون من المادة X فقط ، وحدتها ($J/(^0C)$) أو ($J/(kg\,.\,^0K)$) .

- إذا كانت الجملة تتكون من عدة مواد كتلها m_1 ، m_2 ، ..... m_n ، و سعاتها الحرارية الكتلية c_1 ، c_2 ، ..... ، c_n فإنه يعبر أن السعر الحررية C للجملة بالعلاقة :

$$C = m_1c_1 + m_2c_2 + \ldots\ldots + m_nc_n$$

منصة التعليم الإلكتروني

مركبات الطاقة الداخلية

1- مركبة مسئولة للحرارة (تحول حراري)

$$Q = mC\Delta\theta = m\underline{C}(\theta_f - \theta_i)$$

Q آسمه جول

m كتلة المادة (ماء) m(Kg)

C السعة الحرارية الكتلية $C_e = 4185$ ماء

θ_f الحرارة النهائية

θ_i الحرارة الابتدائية

مثال لدينا $m = 500\,g$ من الماء درجة حرارتها $\theta = 10°C$

نرفع درجة حرارتها لتصبح $\theta_f = 80°C$ ما هي كمية الحرارة اللازمة؟

$$Q = mC_e\Delta\theta$$
$$= 0,5(4185)(80-10)$$
$$= 146475\,J$$

المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية

$Q = m L$

Q تحويل ناتج عن تحول الحالة الفيزيائية

m كتلة المادة (جيبة)

L الطاقة الكتلية حسب الحالة الفيزيائية

L_F (الانصهار)

L_V (التبخر)

L_S (التجمد)

(Fussion الانصهار)

(Vapourisation)

(Solidification)

دروسكم
منصة التعليم الإلكتروني

- الجدول التالي يمثل قيمة السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد :

الحالة	المادة	c (J/kg.°K)
الصلبة	الألمنيوم (Al)	890
	النحاس (Cu)	380
	الجليد	2090
	الخشب	1700
السائلة	الماء	4185
الغازية	الأكسجين (O_2)	0.94

• التوازن الحراري :

عندما نمزج جسمين سائلين (أو جسم سائل مع جسم صلب) مختلفين في درجة الحرارة ، فإن الجسم ذو درجة الحرارة الأكبر يقدم طاقة بتحويل حراري للجسم ذو درجة الحرارة الأقل ، فتنخفض درجة حرارة الجسم الأول في حين ترتفع درجة حرارة الجسم الثاني إلى أن تصبح متساويتين ، نقول عندئذ أنه حدث **توازن حراري** و عندها تبقى درجة حرارة الجملة المكونة من الجسمين المذكورين ثابتة ، نفس القول عند مزج عدة أجسام مختلفة في درجة الحرارة .

- إذا حدثت تحويلات طاقوية حرارية Q_1 ، Q_2 ، ..... بين مجموعة من الأجسام تنتمي إلى نفس الجملة ، يكون مجموع هذه التحويلات الطاقوية عند حدوث التوازن الحراري مساوي لمقدار التحويل الطاقوي Q بين الجملة المتكونة من الأجسام المذكورة و الوسط الخارجي ، أي :

$$Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = Q$$

- إذا كانت الجملة المتكونة من الأجسام المذكورة معزولة طاقويا ($Q = 0$) يكون مجموع التحويلات الطاقوية الحادثة بين الأجسام المكونة لهذه الجملة معدوم أي :

$$Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots = 0$$

منصة التعليم الإلكتروني

• عبارات التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :

عندما يحدث تغير في الحالة الفيزيائية للمادة (انصهار ، تجمد ، تبخر ، تمييع) يصحب هذا التغير اكتساب أو فقدان طاقة نتيجة تغير في التأثيرات المتبادلة بين جسيمات هذه المادة ، علما أن درجة الحرارة أثناء التحول الفيزيائي تبقى ثابتة طيلة التحول .

الإنصهار (Fusion):

عند تحول مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (انصهار) من دون تغير في درجة الحرارة ، تكتسب هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = m L_f$$

Q : التحويل الحراري يقدر بالجول (J) .

m : كتلة الجسم تقدر بالكيلوغرام (kg) .

L_f : السعة الكتلية للانصهار وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لانصهار 1 kg من المادة الصلبة .

التجمد (Solidification):

عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (تجمد) من دون تغير في درجة الحرارة ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_f$$

التبخر (Vaporisation):

عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (تبخر) من دون تغير في درجة الحرارة ، تكتسب هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = m L_v$$

L_v : السعة الكتلية لتغير للتبخر وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لتبخر 1 kg من المادة السائلة .

دروسكم منصة التعليم الإلكتروني

التميع (Liquéfaction):

عند تحول مادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة (تميع) من دون تغير في درجة الحرارة ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_v$$

L_v : السعة الكتلية للتميع و هي مساوية للسعة الكتلة للتبخر عند نفس المادة ، وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لتمييع 1 kg من الغازية .

منصة الدروس للتعليم الإلكتروني

التمرين 01

قطعة جليد كتلتها $m = 200\ g$ درجة حرارتها ($-50°C$) نقوم بتسخينها متحولة إلى ماء (سائل) ثم بخار الماء درجة حرارته ($150°C$) :

1- أحسب مقدار التحويل الطاقوي في الحالات التالية :

- ارتفاع درجة حرارة الجليد من ($-50°C$) إلى ($0°C$) .
- انصهار الجليد و تحوله إلى ماء (سائل) .
- ارتفاع درجة حرارة الماء من $0°C$ إلى $100°C$.
- تبخر الماء .
- ارتفاع درجة حرارة بخار الماء من $100°C$ إلى $150°C$.

2- احسب مقدار التحويل الطاقوي الكلي اللازم لتحول قطعة الجليد ذات درجة الحرارة $-50°C$ إلى بخار ماء ذو درجة الحرارة $150°C$.

3- أرسم بشكل كيفي المنحنى $\theta = f(t)$ خلال التحولات السابقة .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية للجليد : $c_g = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية لبخار الماء : $c_v = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الكتلة لانصهار الجليد : $L_f = 335\ kJ/Kg$
- السعة الكتلية لتبخر الماء : $L_v = 1960\ kJ/Kg$

$200g = 0,2\ Kg$

$L_F = 335\ kJ/kg$
$= 335000\ J/kg$

$-50° \xrightarrow{Q_g} 0° \xrightarrow{Q_F} 0° \xrightarrow{Q_e} 100° \xrightarrow{Q_V} 150°$

1- ارتفاع حرارة الجليد من $-50°$ الى $0°$

$Q_g = m_g C_g \Delta\theta$

$Q_g = 0,2\,(2100)\,(0-(-50))$

$Q_g = 0,2\,(2100)\,(50) = 21000\ J$

2- حساب Q_F (انصهار الجليد دون تغير في الحرارة)

$Q_F = m L_F = 0,2\,(335000)$

$Q_F = 67000\ J$

التمرين 01

قطعة جليد كتلتها $m = 200\ g$ درجة حرارتها ($-50°C$) نقوم بتسخينها متحولة إلى ماء (سائل) ثم بخار الماء درجة حرارته ($150°C$) :

1- أحسب مقدار التحويل الطاقوي في الحالات التالية :

- ارتفاع درجة حرارة الجليد من ($-50°C$) إلى ($0°C$) .
- انصهار الجليد و تحوله إلى ماء (سائل) .
- ارتفاع درجة حرارة الماء من $0°C$ إلى $100°C$.
- تبخر الماء .
- ارتفاع درجة حرارة بخار الماء من $100°C$ إلى $150°C$.

2- احسب مقدار التحويل الطاقوي الكلي اللازم لتحول قطعة الجليد ذات درجة الحرارة $-50°C$ إلى بخار ماء ذو درجة الحرارة $150°C$.

3- أرسم بشكل كيفي المنحنى $\theta = f(t)$ خلال التحولات السابقة .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية للجليد : $c_g = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية لبخار الماء : $c_v = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الكتلة لانصهار الجليد : $L_f = 335\ kJ/Kg$
- السعة الكتلية لتبخر الماء : $L_v = 1960\ kJ/Kg$

$200g = 0,2\ Kg$

eau (e)

$L_v = 1960\ kJ/Kg = 1960000\ J/Kg$

$L_f = 335\ kJ/Kg = 335000\ J/Kg$

$-50° \xrightarrow{Q_g} 0 \xrightarrow{Q_f} 0 \xrightarrow{Q_e} 100 \xrightarrow{Q_v} 100 \xrightarrow{Q'} 150$

3- حساب Q_e عندما ترتفع حرارته من $0°$ الى $100°$

(1) (2) (3) $Q_e = m\,c_e\,\Delta\theta = 0,2(4180)(100-0)$

$Q_e = 83600\ J$

4- حساب Q_v الدخول الناتج عن البخر (حالة تبخر)

$Q_v = m\,L_v = 0,2(1960000)$

$Q_v = 392000\ J$

التمرين 01

قطعة جليد كتلتها $m = 200\ g$ درجة حرارتها ($-50°C$) نقوم بتسخينها متحولة إلى ماء (سائل) ثم بخار الماء درجة حرارته ($150°C$) :

1- أحسب مقدار التحويل الطاقوي في الحالات التالية :

- ارتفاع درجة حرارة الجليد من ($-50°C$) إلى ($0°C$) .
- انصهار الجليد و تحوله إلى ماء (سائل) .
- ارتفاع درجة حرارة الماء من $0°C$ إلى $100°C$.
- تبخر الماء .
- ارتفاع درجة حرارة بخار الماء من $100°C$ إلى $150°C$.

2- احسب مقدار التحويل الطاقوي الكلي اللازم لتحول قطعة الجليد ذات درجة الحرارة $-50°C$ إلى بخار ماء ذو درجة الحرارة $150°C$.

3- أرسم بشكل كيفي المنحنى $\theta = f(t)$ خلال التحولات السابقة .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية للجليد : $c_g = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الحرارية الكتلية لبخار الماء : $c_v = 2100\ J/Kg.°K$
- السعة الكتلة لانصهار الجليد : $L_f = 335\ kJ/Kg$
- السعة الكتلية لتبخر الماء : $L_v = 1960\ kJ/Kg$

$200g = 0,2\ Kg$

eau (e)

$L_v = 1960\ kJ/Kg$
$= 1960000\ J/Kg$

$L_f = 335\ kJ/Kg$
$= 335000\ J/Kg$

$-50° \xrightarrow{Q_g} 0 \xrightarrow{Q_f} 0 \xrightarrow{Q_e} 100 \xrightarrow{Q_v} 150$

θ_i θ_f

حساب Q_1 الناتج عن ارتفاع حرارة البخار من 100 الى 150

θ_i θ_f

$Q_v = m\ C_v\ \Delta\theta$

$= 0,2\ (2100)\ (150 - 100)$

$Q_v = 21000\ J$

$-5,0C^\circ \xrightarrow{Q_g} 0 \xrightarrow{Q_F} 0 \xrightarrow{Q_e} 100 \xrightarrow{Q_V} 100 \xrightarrow{Q_V'} 150$

3min 2min 3min 2min 1min

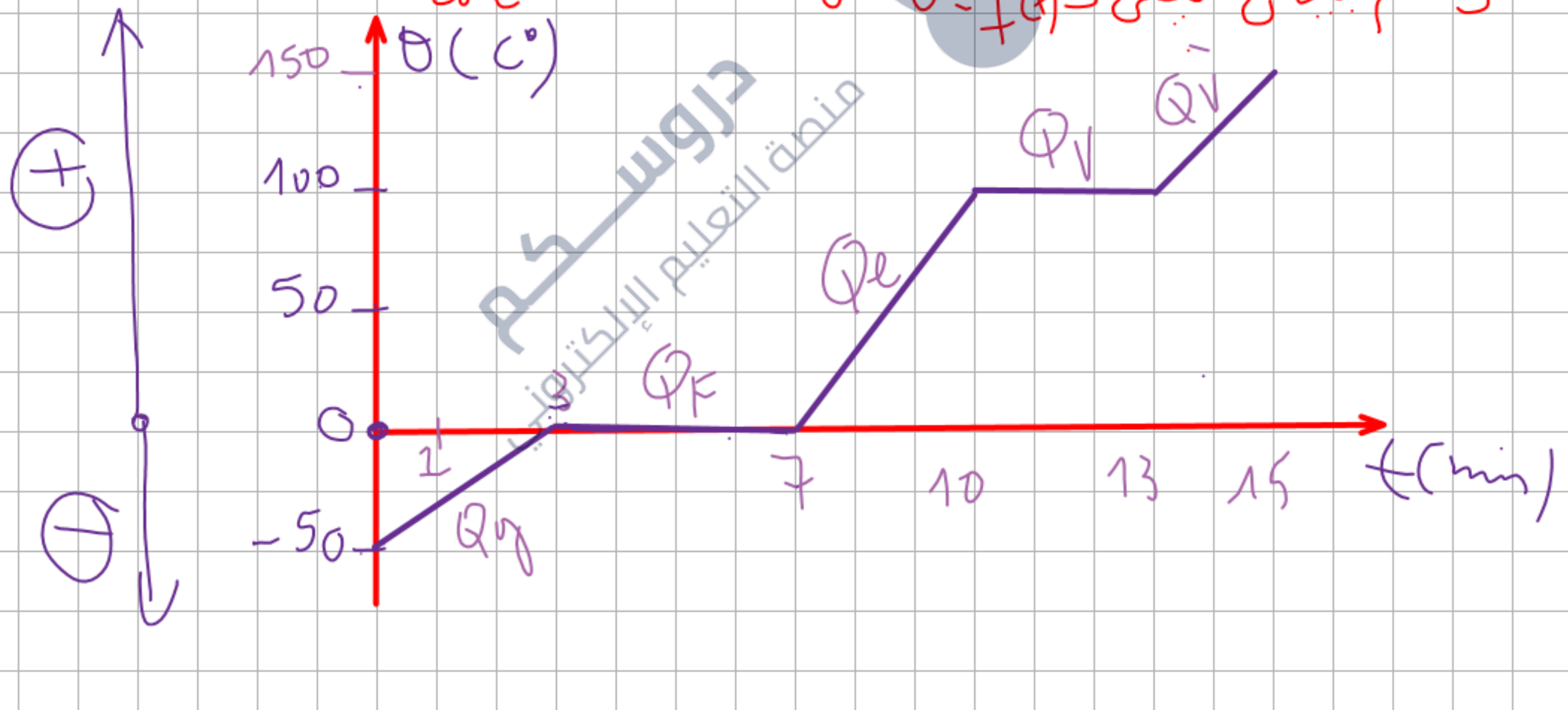
حساب التحويل الكلي

$$Q_{total} = Q_g + Q_F + Q_e + Q_V + Q_V'$$

$$= 21000 + 67000 + 83600 + 392000 + 21000$$

$$Q_{tot} = 584600\ J$$

رسم بيان كيفي لـ $\theta = f(t)$



$m = 50g = 0,05Kg$ كتلتها $m=50g$

مثال: نريد رفع درجة حرارة قطعة جليد من $-15C^\circ$ الى $80C^\circ$ بواسطة مصدر حراري استغرق زمن (6 s و 5 mn)

$L_F = 335 \cdot 10^3 J/Kg$

$c_g = 2100 J/Kg$

$c_e = 4180 J/Kg$

$\Phi_{tot} = 35045 J$

أحسب قيمة التحويل الحراري اللازم لرفع حرارة الجليد بصفر خارجي

Φ_{tot}

$-15C^\circ \xrightarrow{\Phi_g} 0^\circ \xrightarrow{\Phi_F} 0^\circ \xrightarrow{\Phi_e} 80C^\circ$

$\Phi_{tot} = \Phi_g + \Phi_F + \Phi_e = m_g c_g \Delta\theta + mL_F + m_e c_e \Delta\theta$

$\Phi_t = 0,05(2100)(0-(-15)) + 0,05(335000) + 0,05(4180)(80-0)$

$m = 50g = 0,05Kg$ كتلتها $m=50g$

مثال: نريد رفع درجة حرارة قطعة جليد من $-15C^\circ$ الى $80C^\circ$ بواسطة مصدر حراري استغرق (6 s و 5 mn) من الزمن

$C_g = 2100 J/Kg$

$C_e = 4180 J/Kg$

$L_f = 335 \times 10^3 J/Kg$

$t = (5 \times 60) + 6 = 306s$

$\Phi_{tot} = 35045 J$

1/ احسب كمية التحويل الحراري اللازم لرفع حرارة الجليد نصح خارج

$$Q = C_g \cdot m \cdot \Delta\theta + m \cdot L_f + C_e \cdot m \cdot \Delta\theta$$

2/ أحسب استطاعة هذا التحويل Φ_{tot}

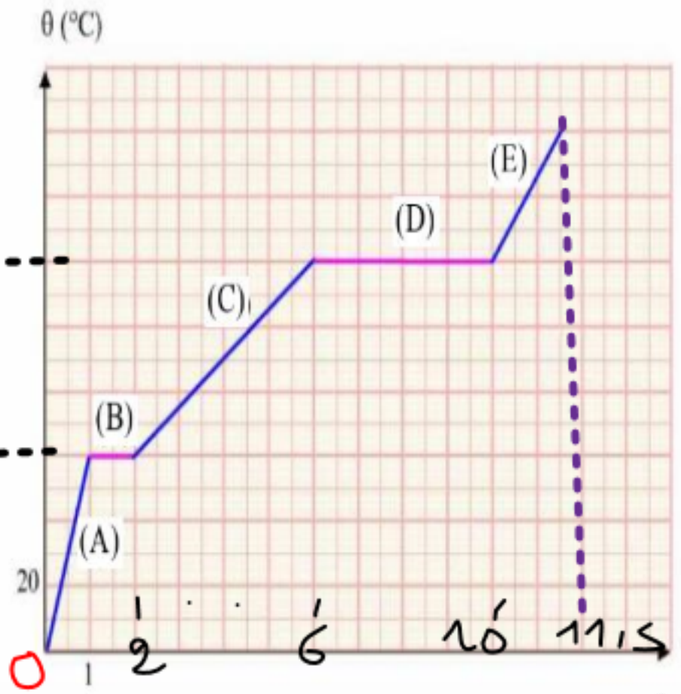
$$P = \frac{\text{الطاقة } (J)}{\text{الزمن } (s)}$$

Watt

$$P = \frac{\Phi_{tot}}{t} = \frac{35045}{306} = 114,5 \text{ Watt}$$

التمرين 02

يبين البيان التالي تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن عند تسخين 1 kg من مادة في حالتها الصلبة ابتداءا من الدرجة 0°C بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار .



1- ما هي حالة هذه المادة في الفترات A ، B ، C ، D ، E ؟

2- ما هي درجة حرارة انصهار المادة ؟ و ما هي درجة غليانها ؟

3- ماذا تلاحظ فيما يخص درجة الحرارة في الفترتين (B) ، (D) . ماذا تستنتج .

4- اعتمادا على البيان أوجد:

أ- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة الصلبة c_S .

ب- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة السائلة c_ℓ .

جـ- السعة الكتلية للانصهار L_f .

د- السعة الكتلية للتبخر L_v .

m = 1 Kg

P = 400 watt

1. الحالة المادة .

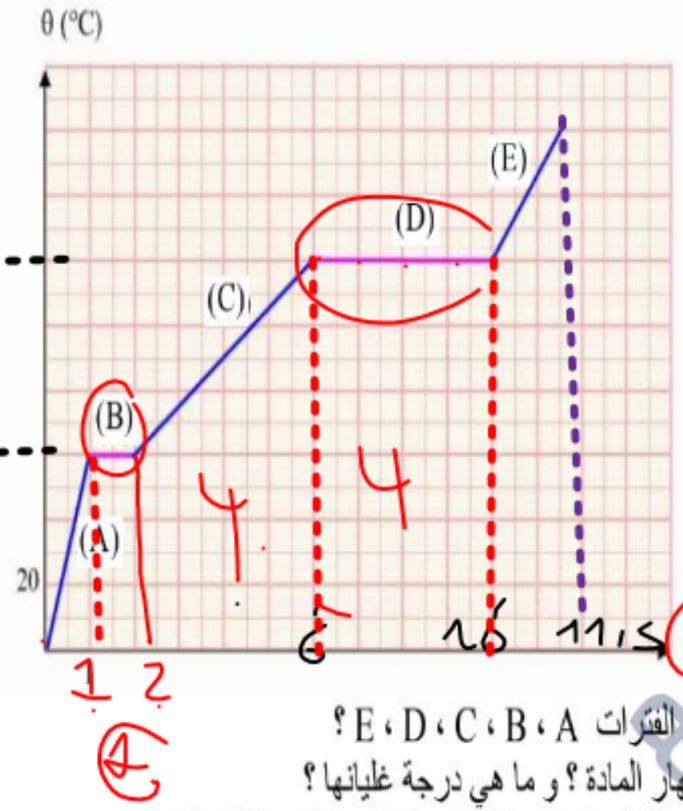
الحالة الصلبة	A
الانصهار (تحول من صلب الى السائل)	B
سائل	C
بخر (تحول من سائل الى البخار)	D
حالة غازية	E

درجة الانصهار 60c°

درجة الغليان 120c°

التمرين 02

يبين البيان التالي تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن عند تسخين 1 kg من مادة في حالتها الصلبة ابتداءا من الدرجة 0°C بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار .



1- ما هي حالة هذه المادة في الفترات A ، B ، C ، D ، E ؟

2- ما هي درجة حرارة انصهار المادة ؟ و ما هي درجة غليانها ؟

3- ماذا تلاحظ فيما يخص درجة الحرارة في الفترتين (B) ، (D) . ماذا تستنتج .

4- اعتمادا على البيان أوجد :

أ- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة الصلبة c_S .

ب- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة السائلة c_ℓ .

جـ- السعة الكتلية للانصهار L_f .

د- السعة الكتلية للتبخر L_v .

m = 1 Kg

P = 400 watt

3- درجة حرارة الفترة B ثابتة (التحول فيزيائي انصهار)

درجة حرارة الفترة D ثابتة (التحول فيزيائي بخر)

4-

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{Q_S}{t} = \frac{m C_S \Delta\theta}{t}$$

$$P = \frac{m C_S \Delta\theta}{t}$$

$$C_S = \frac{P \cdot t}{m \Delta\theta} = \frac{400(1 \times 60)}{1(60-0)}$$

$$C_S = 4005/1 kg \Delta\theta$$

$$P = \frac{Q_V}{t}$$

$$P = \frac{mL_V}{t}$$

$$L_V = \frac{Pt}{m}$$

$$L_V = \frac{400(4\times60)}{1}$$

$$Q_F = mL_F$$

$$P = \frac{Q_F}{t} = \frac{mL_F}{t}$$

$$L_F = \frac{Pt}{m} = \frac{400(60)}{1} = 24000\ J/kg$$

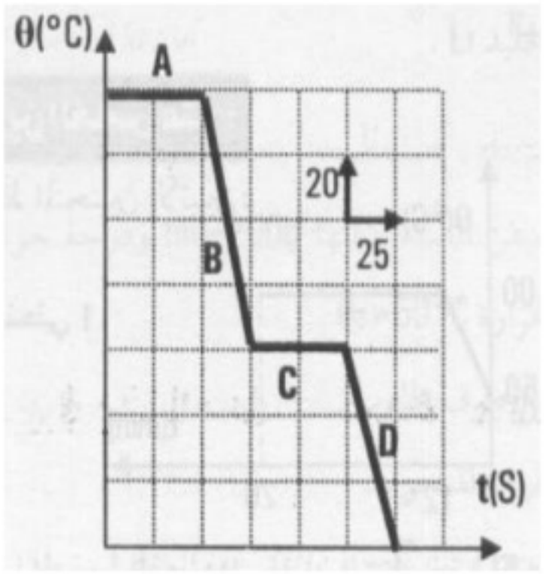
$$Q_\ell = mC_\ell \Delta\theta$$

$$P = \frac{Q_\ell}{t} = \frac{mC_\ell \Delta\theta}{t}$$

$$C_\ell = \frac{P.t}{m\Delta\theta} = \frac{400(4\times60)}{1(120-60)} = 1600\ J/kg$$

التمرين 03

يبين الشكل المقابل تغيرات درجة الحرارة θ بدلالة الزمن و ذلك عند تبريد مادة X كتلتها $m = 500\ g$ في حالة غازية إلى أن تصبح في حالة صلبة وفق سلسلة من التحولات الحرارية Q_A ، Q_B ، Q_C ، Q_D على الترتيب .
تفقد هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره 200 جول في كل ثانية (200J/s) .



1- ما هي حالة المادة في المراحل التالية : A ، B ، C ، D .
2- ما هي درجة حرارة تمييع المادة ؟ و ما هي درجة حرارة تجمدها ؟
3- أحسب السعة الحرارية الكتلية C_ℓ للمادة في الحالة السائلة .
4- أحسب السعة الحرارية الكتلية C_S للمادة في الحالة الصلبة .
5- أحسب السعة االكتلية L_f لتمييع المادة .

دروس
منصة التعليم الالكتروني

التمرين04:

1- تحتوي قارورة معزولة حراريا على كتلة $m_1 = 200\ g$ من الماء درجة حرارته $\theta_1 = 40°C$. ندخل في هذه القارورة قطعة من الجليد كتلتها $m_2 = 20\ g$ و درجة حرارتها . $\theta_2 = -\ 10°C$ ، تعتبر الجملة (ماء + جليد) معزولة حراريا .

- أوجد درجة الحرارة θ_f عند حدوث التوازن الحراري علما أن قطعة الجليد انصهرت كليا و تحولت إلى ماء درجة حرارته غير معدومة .

2- نريد تحضير حجما $V = 950\ mL$ من ماء ذي درجة حرارة $\theta_f = 18°C$ ، و ذلك بمزج V_1 من الماء البارد ذو درجة حرارة $\theta_1 = 3°C$ مع حجم V_2 من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60°C$. أوجد الحجمين V_1 ، V_2 .

• نعتبر الجملة (ماء بارد + ماء ساخن) معزولة حراريا ، أي لا يحدث التبادل الحراري إلا بين الماء البارد و الماء الساخن .

<u>يعطى :</u>

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $C_e = 4180\ J/kg.°C$.
- السعة الحرارية الكتلية للجليد : $C_g = 2100\ J/kg.°C$.
- السعة الكتلية لانصهار الجليد : $L = 3.35 \cdot 10^5\ J/kg$.

منصة التعليم الإلكتروني

دروسكم
منصة التعليم الإلكتروني

دروسكم
منصة التعليم الإلكتروني

دروسكم
منصة التعليم الإلكتروني