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 .

• 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 الحررارية C للجملة بالعلاقة :

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

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 :

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

دروس دكم
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 $150°C$.

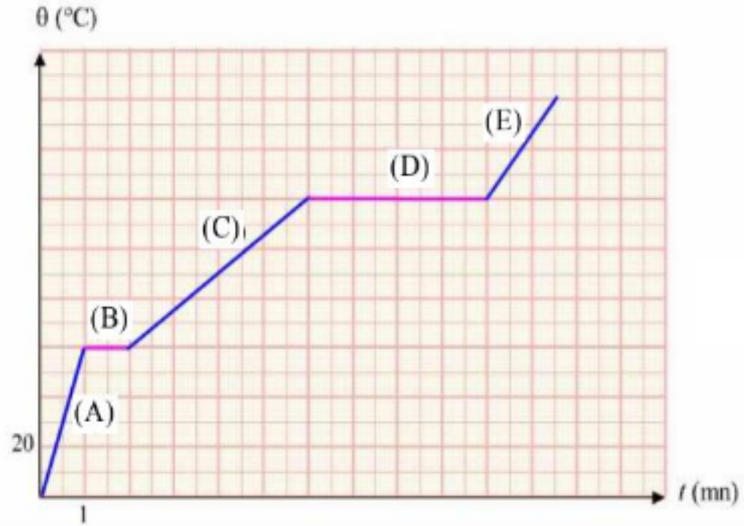
3- أرسم بشكل كيفي المنحنى $\theta = f(t)$ خلال التحولات السابقة .

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 : $L_v = 1960\ kJ/Kg$

التمرين 02

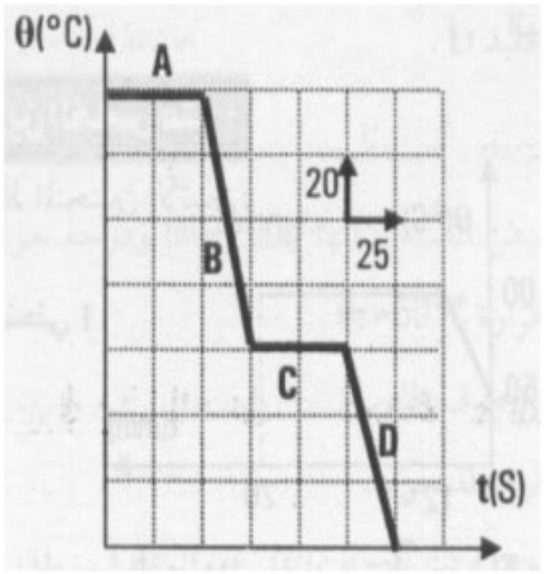
يبين البيان التالي تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن عند تسخين 1 kg من مادة في حالتها الصلبة ابتداءا من الدرجة 0°C بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار .



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 .

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

$$Q = m\,Ce\,\Delta\theta = 0{,}5(4180)(60-10)$$

الطاقة الداخلية؛ نعبر عنها ب Q التحويل الكهربي

$\theta_f = 60°$

مركبات الطاقة الداخلية

$$Q = m\,C\,\Delta\theta$$

المركبة الكهربية

Q كمول حراري $\longrightarrow$ Joul

m كتلة المادة (Kg)

C السعة الكهربية للكتلة

Ce = كتلة للماء $= 4180\,J/Kg$

$\theta_1 = 10°$

$m = 500\,g$

$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$

المركبة المنسوبة الى الكتلة الفيزيائي (عند نفس درجة الحرارة)

$$Q = m L$$

Q كمية الحرارة

m كتلة المادة

L السعة الحرارية للحالة الفيزيائية

$$\begin{cases} L_F = 335\ kJ/kg \\ L_V = 2256\ kJ/kg \end{cases}$$

ماء $\begin{cases} \text{واضطرار الجليد} & Q_F = m L_F \\ \text{(التجمد)} & Q_V = m L_V \end{cases}$

تمرين : أحسب الحول الحراري اللازم لتحول كتلة من الجليد كتلتها $m_g = 20\,g$ طرا درجة حرارتها $\theta_1 = -25°C$ الى بخار حرارته $100°C$ في زمن قدره 45 دقيقة

$-25°C \xrightarrow{Q_g} 0°C \xrightarrow{Q_F} 0°C \xrightarrow{Q_e} 100°C$

θ_i θ_f

سعة حرارية الجليد $C_g = 2100\,J/Kg$ الانصهار $L_F = 335\,Kj/Kg = 335000\,J/Kg$

سعة حرارية الماء $C_e = 4185\,J/Kg°C$ سعة حرارية التبخر $L_V = 2,26\,10^6\,J/Kg$

$Q_g = m_g C_g \Delta\theta$

$Q_g = 0,02\,(2100)\,(0-(-25))$

$$-2^{\circ}C \xrightarrow{Q_g} 0^{\circ}C \xrightarrow{Q_e} 100^{\circ}C \quad (Q_F,\ Q_V)$$

$$Q_g = m_g\, c_g\, \Delta\theta = 0{,}02 \times (2100)(0-(-2)) = 1050\ J$$

$$Q_F = m L_F = 0{,}02\,(335000)$$ (الحالة الفيزيائية: تحول من الحالة الصلبة إلى السائلة)

$$Q_F = 6700\ J$$

$$Q_e = m_e\, c_e\, \Delta\theta = 0{,}02\,(4180)(100-0) = 8360\ J$$

$$Q_V = m L_V = 0{,}02\,(2{,}26\times 10^{6}) = 45200\ J$$

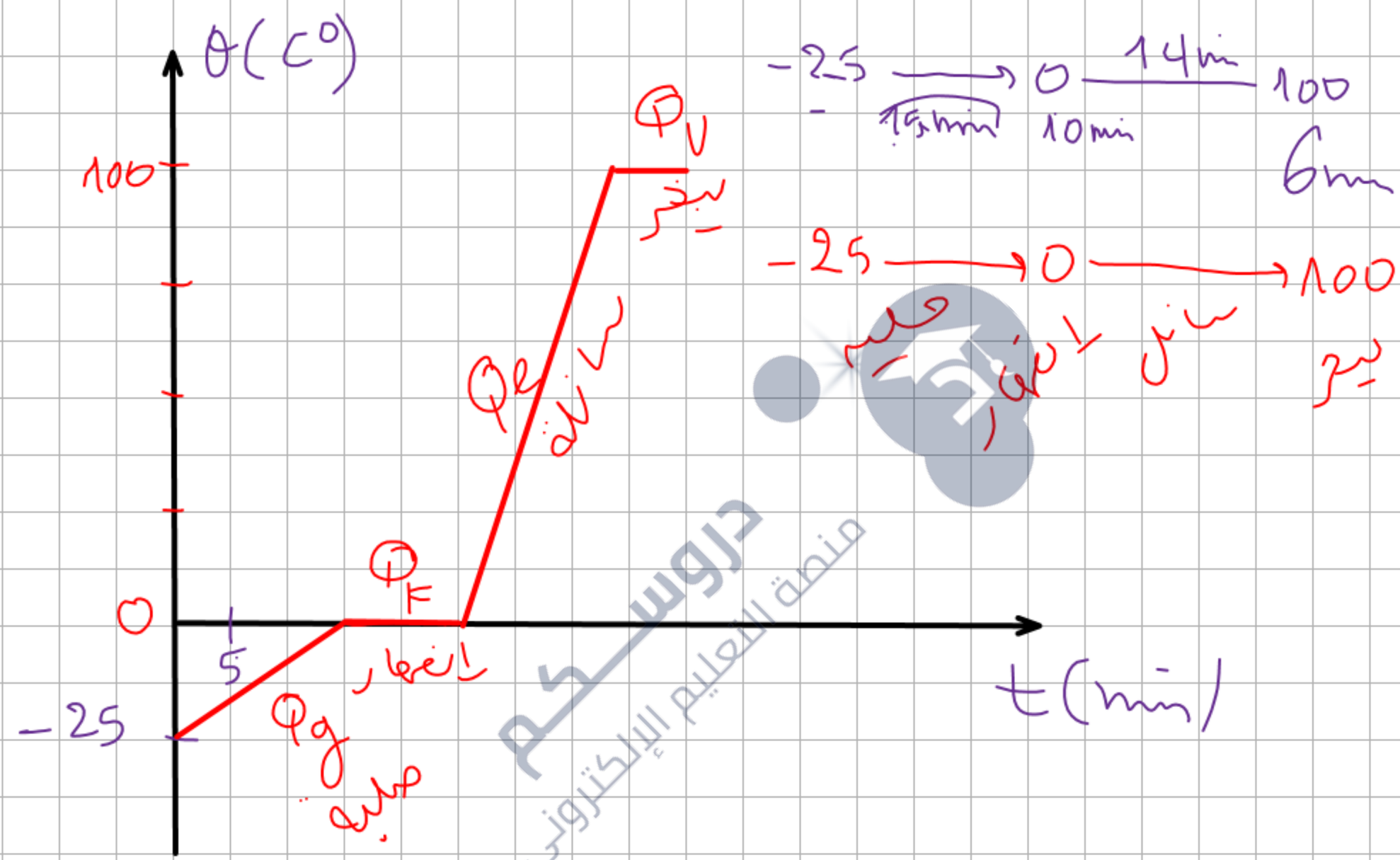
$$\mathcal{P} = \frac{E_i}{t} \qquad \mathcal{P} = \frac{Q \to J}{t \to s}$$

$$Q_{tot} = Q_g + Q_F + Q_e + Q_V = 1050 + 6700 + 8360 + 45200$$

$$Q_{tot} = 61310\ J$$

حسب استعمالك للجول

$$\mathcal{P} = \frac{Q}{t} = \frac{61310}{45\times 60} = 22\ Watt$$



-25 → 0 (15min) — 0 → 100 (10min) — 100 (14min)

6mm

-25 → 0 → 100

صلب → سائل → بخار

جامد $\xrightarrow{\Phi_S}$ سائل $\xrightarrow{\Phi_L}$ بخار

الصهر — تبخر

$$\Phi_L = -\Phi_V$$

$$\Phi_S = -\Phi_F$$

مؤسسة التعليم الإلكتروني

المسعر الحراري:

$$Q = C \Delta\theta$$

مسعر مسعر

C (آ-ت) / كغ/ك : سعة الحرارية للمسعر

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

$\sum Q = 0$

قطعة جليد
ماء بارد
ماء ساخن

$Q_{\text{مسعر}} + Q_{\text{ماء بارد}} + Q_{\text{ماء}} + Q_{\text{جليد}} = 0$

$Q_{مسعر} = C_{مسعر} \Delta\theta$

تمرين:

يحتوي مسعر حراري على $m_1 = 200g$ من الماء حرارته $\theta_1 = 12C^\circ$ نضيف له كمية مماثلة $m_2 = 200g$ من الماء حرارته $\theta_2 = 27,9C^\circ$ فيحدث التوازن للمنظومة عند درجة حرارة $\theta_f = 19,5C^\circ$

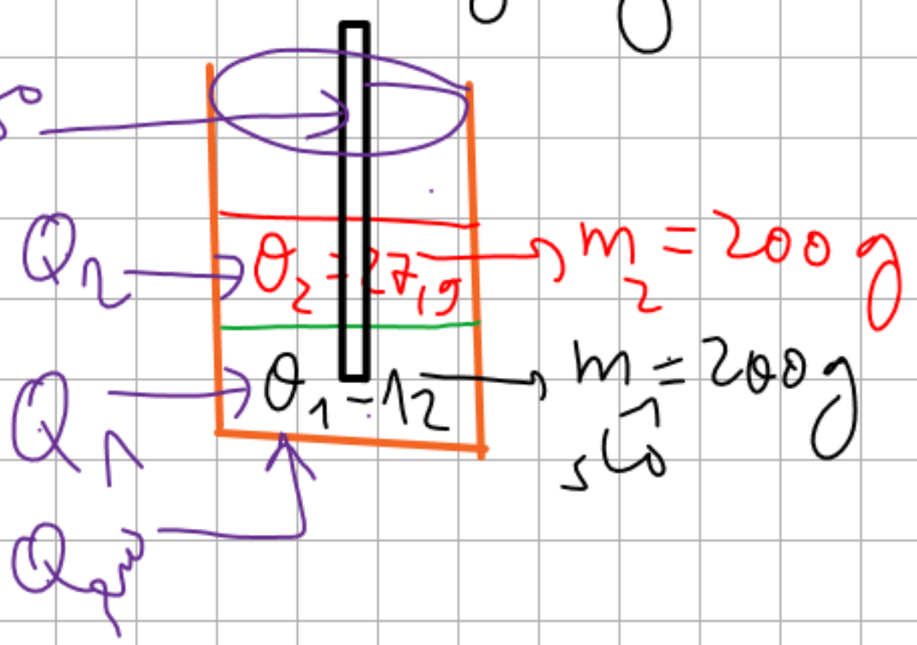
أحسب السعة الحرارية للمسعر ولوازمه $C_{مسعر}$

$C_e = 4180 J/Kg$

$\sum Q = 0$

$Q_{مسعر} + Q_1 + Q_2 = 0$

$\theta_f = 19,5$ درجة



$$\Phi_{\text{مسعر}} = C_{\text{مسعر}} \Delta\theta = C_{\text{مسعر}} (\theta_f - \theta_1)$$

$$\Phi_{\text{مسعر}} = C_{\text{مسعر}} (19,5 - 12)$$

$$\boxed{\Phi_{\text{مسعر}} = 7,5\, C_{\text{مسعر}}}$$

$\theta_1 = 12\ C^\circ$

$\theta_2 = 27,9\ C^\circ$

$\theta_f = 19,5\ C^\circ$

$$\Phi_1 = m_1\, C_e\, \Delta\theta = 0,2\,(4180)\,(19,5 - 12) = 6270\ J$$

$$\Phi_2 = m_2\, C_e\, \Delta\theta = 0,1\,(4180)\,(19,5 - 27,9) = -7022,4$$

$$\Phi_{\text{مسعر}} + \Phi_1 + \Phi_2 = 0 \Longrightarrow 7,5\, C_{\text{مسعر}} + 6270 - 7022,4 = 0$$

$$7,5\, C_{\text{مسعر}} - 752,4 = 0 \Rightarrow C_{\text{مسعر}} = \frac{752,4}{7,5}$$

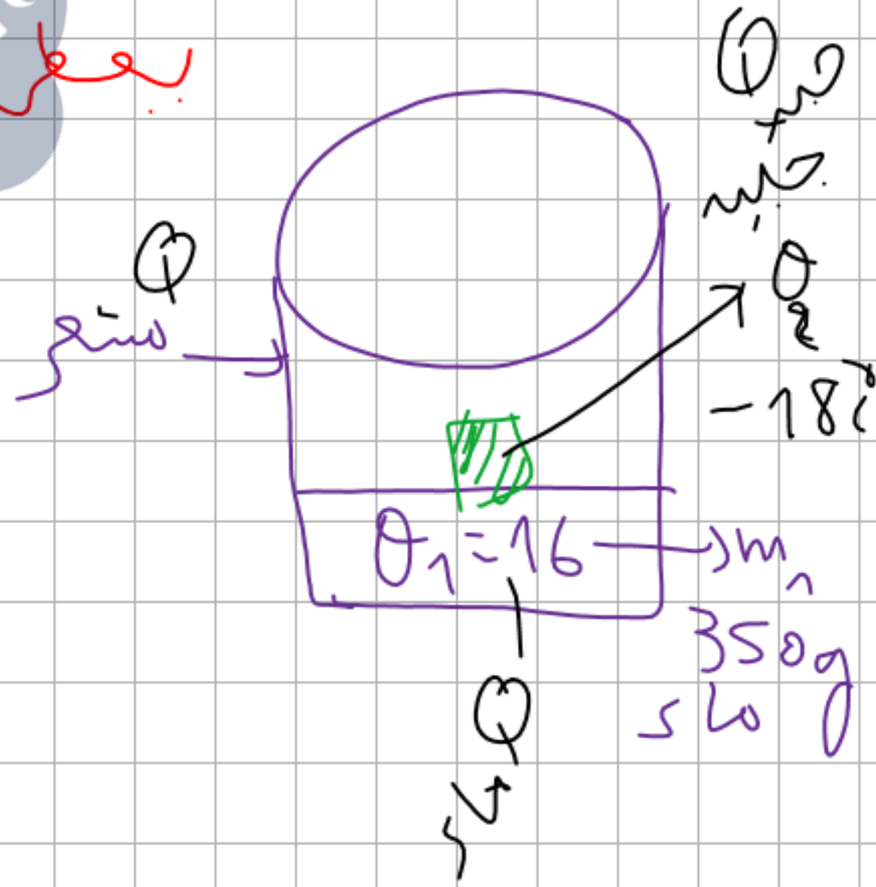
$$\boxed{C_{\text{مسعر}} = 100,3\ J/K}$$

تمرين: مسعر يحتوي على $m_1=350g$ من الماء حرارته $\theta_1=16C^\circ$
نضيف للزيج قطعة من الجليد $m_g=50g$ وحرارتها $\theta_2=-18C^\circ$
- ما هي درجة حرارة الخلطة علما أن الجليد انصهر كليا θ_f

$C_g = 2100 J/Kg$
$L_F = 335 Kg/Kg$
$C_e = 4180 J/Kg$

بعطى $C_{مسعر}=80 J/Kg$

$$\Phi_{مسعر} + \Phi_{ماء} + \Phi_{جليد} = 0$$



$$\Phi_{\text{سع}} = C_{\text{سع}}(\theta_f - \theta_1) = 80(\theta_f - 16) = 80\theta_f - 960$$

$$\Phi_{\text{ل}} = m_e C_e \Delta\theta = 0{,}35\,(4180)(\theta_f - 16) = 1463(\theta_f - 16)$$

$$\Phi_{\text{سل}} = 1463\theta_f - 23408$$

حساب Φ الكلية حيث

$$-18 \xrightarrow{\Phi_g} 0 \xrightarrow{\Phi_F} 0 \xrightarrow{\Phi_e} \theta_f$$

$$\Phi_{\text{حيث}} = \Phi_g + \Phi_F + \Phi_e = m_g c_g \Delta\theta + m L_F + m c_e \Delta\theta$$

$$\Phi_{\text{حيث}} = 0{,}05(2100)(0-(-18)) + 0{,}05(335000) + 0{,}05(4180)(\theta_f - 0)$$

$$= 1890 + 234080 + 209\theta_f = 18640 + 209\theta_f$$

$$0 = (80\theta_f - 960) + 1463\theta_f - 23408 + 18640 + 209\theta_f$$

$$17528\theta_f - 5728 = 0$$

$$\theta_f = \frac{5728}{1752} = 3,26\,C^\circ$$

دروس مصطفى للتعليم الإلكتروني