

Repetitionsuppgifter – Termofysik

1. Uttryck temperaturen 250 K i enheten $^{\circ}\text{C}$. (2 Ep)
2. Lilla Jane har fått feber och hennes kroppstemperatur mättes till $38,2^{\circ}\text{C}$. Vad skulle en termometer graderad i kelvin visat? (2 Ep)
3. Hur mycket energi måste tillföras för att förångna 2,6 liter 100 -gradigt vatten? (2 Ep)
4. Hur mycket energi behövs för att smälta 2,5 kg nollgradig is? (2 Ep)
5. Hur mycket energi frigörs då 560 l vatten med temperaturen 0°C fryser till is? (2 Ep)
6. Hur mycket värmeenergi avges då 0,25 kg vattenånga kondenserar till vatten? (2 Ep)
7. Hur stor energi krävs för att värma 12 m^3 vatten så att vattentemperaturen ökar 10 grader? (2 Ep)
8. Hur stor värmemängd avges då 10 liter varmvatten med temperaturen 60°C svalnar till rumstemperatur (20°C)? (2 Ep)
9. Ada tänker värma 0,60 liter tevattnet. Hon värmer vattnet från 20°C till 80°C . Hur mycket energi åtgår för denna uppvärmning? (2 Ep)
10. Hur mycket energi avges till omgivningen då 4,5 liter varmvatten får svalna från 45°C till 18°C ? (2 Ep)
11. Då 100-gradig vattenånga kondenserar till 1,0 liter vatten frigörs energi. Hur högt kan man lyfta ett föremål med massan 1,0 ton med hjälp av denna energi? (2 Cp)
12. Hur mycket nollgradig is kan man smälta med den energi som frigörs då 1,0 kg 100-gradig vattenånga kondenserar till vatten? (2 Cp)
13. Energiinnehållet i kol är 20 MJ/kg. Hur mycket nollgradig is kan man smälta genom att förbränna 0,15 kg kol? (2 Cp)
14. (3 Ap)
En koldioxidlaser kan ha hög effekt och kan därför användas bl.a. för att skära i plåt. Vilken effekt måste en sådan laser ha om man med den skall kunna borra ett hål med diametern 1,0 mm i en kopparplåt som är 4,0 mm tjock på 2,0 s. För att borra hålet måste kopparen smältas. Vi får anta att all infallande strålning i sin helhet kan utnyttjas till denna smältning och att alltså inga värmeförluster till omgivningen sker. Kopparplåten befinner sig i rumstemperatur 20°C . Behövliga formler och data fås från formelsamlingen.
15. En blykula avskjuts med ett gevär och får hastigheten 250 m/s. Kulan slår in i en betongvägg och bromsas upp omedelbart. Antag att hela kulans rörelseenergi åtgår till att höja temperaturen på kulan. Hur stor blir då denna temperaturhöjning? (3 Ep)

Repetitionsuppgifter – Termofysik

16. Vid ett experiment krävdes energin 4,2 kJ för att uppvärma ett stycke koppar (2 Ep)
från 10 °C till 25 °C. Bestäm kopparstyckets massa.
17. Vilket är den minsta effekt som en ugn i ett smältverk måste ha för att kunna (3 Cp)
smälta 10 ton järn av **rumstemperatur** på 5 h?
18. På sydpolen pågick för några år sedan ett gigantiskt forskningsprojekt (4 Ap)
AMANDA (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array) som gick ut på att studera bl a μ -
neutriner från universum. Försöket har nu utvidgats till ICECUBE, som är världens största
neutrinodetektor. Den har kostat totalt ca 270 miljoner dollar, huvudsakligen bekostat av USA,
men även Sverige har bidragit med stora summor. För att detektera neutriner placeras 5000
detektorer i inlandsisen på sydpolen. För detta ändamål behöver man smälta 80 hål i isen.
Varje hål blir 60 cm i diameter och 2400 m djupt. Inlandsisen har temperaturen -50 °C. För
att inte detektorerna skall frysa fast för tidigt, måste isen smältas till vatten med temperaturen
 $+40$ °C. Den enda energikällan man har för detta ändamål, är flygfotogen. Hur många
kubikmeter flygfotogen krävs det minst, för att få ner dessa detektorer i isen?
Energiinnehållet i flygfotogen är 44 MJ/kg. Densiteten är 720 kg/m^3 .

Repetitionsuppgifter – Termofysik

Facit

1. Absoluta nollpunkten $0 \text{ K} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
 $250 \text{ K} = (-273 + 250) \text{ }^\circ\text{C} = -23 \text{ }^\circ\text{C}$ **Svar: $-23 \text{ }^\circ\text{C}$**
2. Temperaturen i kelvin
 $T = (9 + 273,15) = (38,2 + 273) \text{ K} = 311,2 \text{ K}$ **Svar: $311,2 \text{ K}$**
3. $E = c_a \cdot m = 2260 \cdot 2,6 \text{ kJ} = 5 \text{ 650 kJ}$ **Svar: $5,7 \text{ MJ}$**
4. Energin för att smälta nollgradig is är $E = c_s \cdot m$, där c_s är smältentalpiteten för is och m isens massa.
Ur tabell: $c_s = 334 \text{ kJ/kg}$ **OKEJ att räkna med 330 000 J/kg också från formelbladet**
 $E = c_s \cdot m = 334 \cdot 2,5 \text{ kJ} = 835 \text{ kJ}$ **Svar: $0,84 \text{ MJ}$**
5. Smältentalpiteten c_s för is är enligt tabell 334 kJ/kg . **OKEJ med 330 000 J/kg också**
 $560 \text{ l vatten} = 560 \text{ kg}$. Då vattnet fryser till is frigörs energin
 $E = c_s \cdot m = 334 \cdot 560 \text{ kJ} = 187040 \text{ kJ}$ **Svar: $0,19 \text{ GJ}$**
6. $E = c_a \cdot m$ där c_a är ångbildningsentalpiteten för vatten.
 $c_a = 2260 \text{ kJ/kg}$
Vi får $E = 2260 \cdot 0,25 \text{ kJ} = 565 \text{ kJ}$ **Svar: $0,57 \text{ MJ}$**
7. 12 m^3 vatten har massan $12 \cdot 10^3 \text{ kg}$ (eller 12 000 kg).
Vattnets temperaturhöjning är 10 grader.
Energin som krävs vid uppvärmningen: **OKEJ ATT RÄKNA MED $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ också.**
 $E = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 10 \text{ J} = 501600 \text{ kJ} (=501 \text{ 600 000 J})$ **Svar: $0,50 \text{ GJ}$**
8. Temperaturminskningen är $40 \text{ }^\circ\text{C}$.
 $10 \text{ liter vatten väger } 10 \text{ kg}$. **OKEJ ATT RÄKNA MED $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ också.**
 $E = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 1,672 \cdot 10^6 \text{ J} = 1,7 \text{ MJ}$ **Svar: $1,7 \text{ MJ}$**
9. $0,60 \text{ liter vatten väger } 0,60 \text{ kg}$. Temperaturökningen är
 $\Delta T = (80 - 20) \text{ }^\circ\text{C} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Vattens specifika värmekapacitet $c = 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ **OKEJ MED $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ också.**
Energiåtgången är $c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 60 \text{ J} = 150 \text{ kJ}$ **Svar: 150 KJ**
10. Vattens specifika värmekapacitet $c = 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ **OKEJ MED $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ också.**
Temperaturminskningen
 $\Delta T = (45 - 18) \text{ }^\circ\text{C} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$
Energin som avges till omgivningen:
 $E = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 4,5 \cdot 27 \text{ kJ} = 508 \text{ kJ}$ **Svar: $0,51 \text{ MJ}$**

Repetitionsuppgifter – Termofysik

11. c_a är specifika ångbildningsentalpin för vatten.

$$c_a = 2260 \text{ kJ/kg} \quad \text{OKEJ att räkna med 2 260 000 J/kg också från formelbladet}$$

Energien som frigörs då 1,0 kg vattenånga kondenserar kan beräknas med hjälp av

$$E = c_a \cdot m = 2260 \cdot 1,0 \text{ kJ} = 2260 \text{ kJ} = 2\,260\,000 \text{ J}$$

Lyftarbetet är lika med den potentiella energi $E_p = m \cdot g \cdot h$

Insättning av $m = 1000 \text{ kg}$ ger

$$h = \frac{2260 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,82} \text{ m} = 230 \text{ m}$$

Svar: 230 m

12. Då vattenånga med massan m kondenserar till vatten frigörs energin $E = c_a \cdot m$, där $c_a = 2260$

kJ/kg är ångbildningsentalpiteten för vatten. **2 260 000 J/kg i formelbladet**

$$E = 2260 \cdot 1,0 \text{ kJ} = 2260 \text{ kJ}$$

För att smälta ismassan m krävs energin $E = c_s \cdot m$, där

$c_s = 334 \text{ kJ/kg}$ är smältentalpiteten för is. **330 000 J/kg i formelbladet**

$$\text{Vi får } m = \frac{E}{c_s} = \frac{2260}{334} \text{ kg} = 6,77 \text{ kg}$$

Svar: 6,8 kg

13. 1 kg kol ger vid förbränning energin 20 MJ.

0,15 kg kol ger energin $E = 0,15 \cdot 20 \text{ MJ} = 3000 \text{ kJ}$ (3 000 000 J)

Isens specifika smältentalpi enligt tabell:

$c_s = 334 \text{ kJ/kg}$ **330 000 J/kg i formelbladet**

$$E = c_s \cdot m \Rightarrow 3000 = 334 \cdot m$$

$$m = \frac{3000}{334} \text{ kg} = 9,0 \text{ kg} \quad (\text{el. } 3000000/330000=9,1 \text{ kg})$$

Svar: 9,0 kg

14. Volymen av den lilla kopparcylinder som skall

borras ut är

$$V = \pi r^2 \cdot h = \pi \cdot 0,0005^2 \cdot 0,0040 \text{ m}^3 = 3,14 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

Koppar har densiteten 8960 kg/m^3 .

Kopparcylinderns massa

$$m = \rho \cdot V = 8960 \cdot 3,14 \cdot 10^{-9} \text{ kg} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

Smältpunkten för koppar är $1085 \text{ }^\circ\text{C}$, smältentalpiteten är 209 kJ/kg och specifika värmekapaciteten är

$0,39 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

Energi som krävs för att höja temperaturen från $20 \text{ }^\circ\text{C}$ till $1085 \text{ }^\circ\text{C}$ är

$$c \cdot m \cdot \Delta T = 0,39 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1065 \text{ J} = 11,7 \text{ J}$$

Energi som krävs för att smälta kopparcylindern är

$$c_s \cdot m = 209 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ J} = 5,9 \text{ J}$$

Totalt krävs energin $(11,7 + 5,9) \text{ J} = 17,6 \text{ J}$

Denna energi skall lasern leverera på $2,0 \text{ s}$.

$$\text{Effekt } P = \frac{E}{t} = \frac{17,6}{2,0} \text{ W} = 8,8 \text{ W}$$

Svar: 8,8 W

Repetitionsuppgifter – Termofysik

15. Kulan väger m .

$$\text{Kulans rörelseenergi } E = \frac{mv^2}{2} = \frac{m \cdot 250^2}{2}$$

Om denna energi tillförs kulan blir temperaturhöjningen ΔT .

$E = c \cdot m \cdot \Delta T$, där c är specifika värmekapaciteten för bly. $c = 130 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

$$c \cdot m \cdot \Delta T = \frac{m \cdot 250^2}{2}$$

$$\Delta T = \frac{250^2}{2 \cdot 0,13 \cdot 10^3} \text{ } ^\circ\text{C} = 240 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Svar: 240 °C

16. Specifika värmekapaciteten för koppar

$$c = 390 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$E = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$4200 = 390 \cdot m \cdot (25 - 10)$$

$$m = \frac{4200}{390 \cdot 15} \text{ kg} = 0,718 \text{ kg}$$

Svar: 0,72 kg

17. Tabellsamlingen ger följande värden:

Smältpunkten för järn är $1538 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Spec. värmekapaciteten för järn är $c = 0,45 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

Smältentalpiteten för järn är 247 kJ/kg .

För att värma 10000 kg järn från rumstemperatur ($20 \text{ } ^\circ\text{C}$) till smältpunkten krävs energin

$$c \cdot m \cdot \Delta T = 0,45 \cdot 10000 \cdot (1538 - 20) \text{ kJ} = 6,83 \text{ GJ}$$

För att sedan smälta järnet krävs energin

$$c_s \cdot m = 247 \cdot 10000 \text{ kJ} = 2,47 \text{ GJ}$$

Total energi som krävs är $(6,83 + 2,47) \text{ GJ} = 9,30 \text{ GJ}$

Denna energi skall omvandlas på $5 \text{ h} = 5 \cdot 3600 \text{ s} = 18000 \text{ s}$

Minsta effekt som krävs (med 100% verkningsgrad) är

$$P = \frac{E}{t} = \frac{9,30 \cdot 10^9}{18000} \text{ W} = 517 \text{ kW}$$

Svar: 520 kW

18. Volymen av ett cirkulärt borrhål är

$$V = \pi r^2 h = \pi \cdot 0,30^2 \cdot 2400 \text{ m}^3 = 678,58 \text{ m}^3$$

Volymen för de 80 hålen blir då:

$$V = 80 \cdot 678,58 \text{ m}^3 = 54286,7 \text{ m}^3$$

Isens massa:

$$m = \rho \cdot V = 54286,7 \cdot 917 \text{ kg} = 4,978 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

Spec. värmekapaciteten för is är $c_{is} = 2200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

Smältentalpiteten för is är $c_s = 334 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$.

Spec. värmekapaciteten för vatten är $c_v = 4180 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

Först måste isen värmas till $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Energin för denna uppvärmning är:

$$E = c_{is} \cdot m \cdot \Delta T = 2200 \cdot 4,978 \cdot 10^7 \cdot 50 \text{ J} = 5,476 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

Därefter måste denna nollgradiga is smältas till nollgradigt vatten. För detta åtgår energin

$$E = c_s \cdot m = 334 \cdot 10^3 \cdot 4,978 \cdot 10^7 \text{ J} = 1,663 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Repetitionsuppgifter – Termofysik

Slutligen måste det nollgradiga vattnet värmas till 40 °C. För detta åtgår energin

$$E = c_v \cdot m \cdot \Delta T = 4180 \cdot 4,978 \cdot 10^7 \cdot 40 \text{ J} = 8,323 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

Totalt åtgår då energin

$$E_{\text{total}} = (5,476 \cdot 10^{12} + 1,663 \cdot 10^{13} + 8,323 \cdot 10^{12}) \text{ J} = 3,043 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Nu kan mängden flygfotogen beräknas:

$$m = \frac{3,043 \cdot 10^{13} \text{ J}}{44 \cdot 10^6 \text{ J/kg}} = 6,915 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

Slutligen beräknas flygfotogenens volym:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{6,915 \cdot 10^5}{720} \text{ m}^3 = 960 \text{ m}^3$$

Svar: 960 m³