Övningsuppgifter

Till alla övningar finns facit. För de övningar som är markerade med * finns dessutom lösningar som du hittar efter facit!

1 Man har en blandning av syrgas och vätgas i en behållare. Beräkna medelvärdet av den kinetiska energin och medelfarten (dvs $\sqrt{\overline{v^2}}$) för molekylerna av de båda gaserna om temperaturen är 20 $^o\mathrm{C}$.
Det är ett litet hål i behållaren så att gasen sakta sipprar ut ur behållaren. Hur ändras förhållandet mellan den båda gaserna på grund av hålet?

2 En liten baby ska bada. Föräldrarna har gjort ett bad med 20 liter vatten. De mäter temperaturen till 45 $^o\mathrm{C}$ vilket är för varmt för det stackars barnet. Hur många liter kranvatten ska de hälla i badet för att få den rätta temperaturen som är ca 36 $^o\mathrm{C}$? Vattnet i kranen har en temperaturen 6 $^o\mathrm{C}$.

3 Kan man höja temperaturen hos en kropp utan att värma den?

4 * Du har ett glas med dryck som har samma termiska egenskaper som vatten. Drycken har volymen 20 cl och temperaturen 14 $^o\mathrm{C}$. Du vill kyla drycken till 4 $^o\mathrm{C}$ Hur stor isbit ska du lägga i drycken?

5 Betrakta atmosfären och antag att den kan approximeras som en ideal gas med konstant temperatur – egentligen en ganska grov modell. Bestäm trycket som funktion av höjden över marken.

Ledning: Låt z-axeln peka rakt upp och betrakta en skiva av atmosfären med tjockleken Δz. Trycket på ovansidan av skivan är $P(z + \Delta z)$ och på undersidan $P(z)$. Använd detta för att härleda en differentialekvation som ger trycket som funktion av höjden.

6 Varför är $C_P \approx C_V$ för fasta kroppar medan det för gaser är en signifikant skillnad mellan dessa båda storheter?

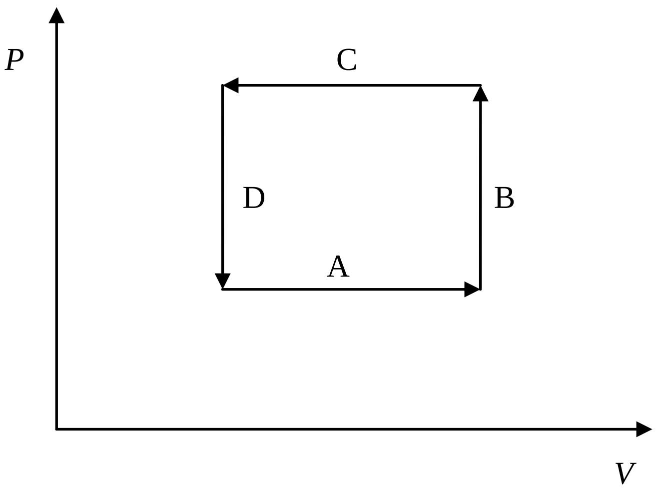
7 * En ideal gas är instängd i en cylinder. Den genomgår följande processer: Först expanderar den med konstant tryck från V_i till den dubbla volymen – delprocess A. Sedan under delprocess B återförs gasen till ursprungsvolymen med konstant temperatur. I den sista delprocessen, C, hålles volymen konstant medan trycket minskar till gasen når begynnelsetillståndet. (En följd av processer som återvänder till starttillståndet kallas för en *kretsprocess*.)

a Rita processerna i ett P-V-diagram.

b Avgör, med motivering, om storheterna $W, Q, \Delta U$ är positiva, negativa eller = 0 i de tre delprocesserna.

c Beräkna $W, Q, \Delta U$ i de olika delprocesserna om begynnelsetemperaturen är T_0 och gasen är en mol av kväve.

8 Avgör, med motivering, om storheterna $W, Q, \Delta U$ är positiva, negativa eller = 0 i de fyra delprocesserna som ges av följande diagram. Gasen antages vara ideal.



9 Betrakta två identiska gaser som har samma begynnelsetillstånd givna av temperatur och volym, T_i resp. V_i. Den ena gasen expanderar isoterm medan den andra gasen är värmeisolerad mot omgivningen så att dess expansion sker adiabatiskt. Båda gaserna expanderar så att slutvolymen är dubbla startvolymen. Gaserna är monoatomiska och har substansmängden 2 mol.

a Rita de båda processerna i ett P-V-diagram.
b Bestäm tecknen på $W, Q, \Delta U$.
c Beräkna dessa storheter kvantitativt.

10 Det är 20 grader ute och den relativa luftfuktigheten är 50%. Hur mycket vatten finns det då i en kubikmeter luft? Hur mycket ska temperaturen sjunka för att luft-fuktigheten ska stiga till 100%.

Facit

1 Kinetisk energi = $3.8 \cdot 10^{-2}$ eV = $6.1 \cdot 10^{-21}$J. Samma för båda
Medelfart 1900 m/s (väte) och 475 m/s (syre).
Eftersom de snabbare vätemolekylerna träffar hålet oftare kommer andelen vätgas i blandningen att minska med tiden.

2 6 liter

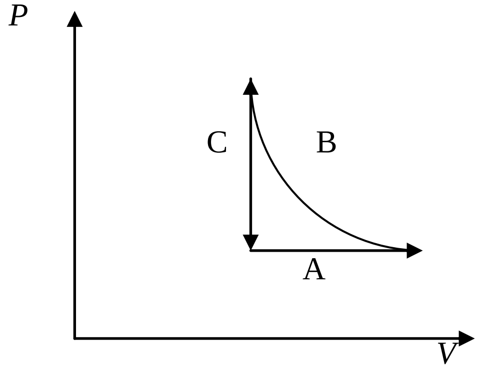
3 Om du t ex gnider händerna mot varandra känns det varmt utan att värme överförs till händerna. I detta falla är det mekanisk energi som övergår i inre energi som i sin tur medför att temperaturen stiger i din hud. Ett annat exempel är en spisplatta där elektrisk energi omvandlas till inre energi.

4 Isbiten ska väga 24 g.

5 $P(z) = P(0)\exp(-\frac{Mg}{RT}z)$ där M är massan av en mol luft.

6 Både fasta kroppar och vätskor utvidgar sig mycket lite när temperaturen ökas vilket innebär att tryck- volymarbetet blir försumbart då en sådan kropp uppvärms.

7 a



b

	W	Q	ΔU
A	< 0	> 0	> 0
B	> 0	< 0	= 0
C	= 0	< 0	< 0

c

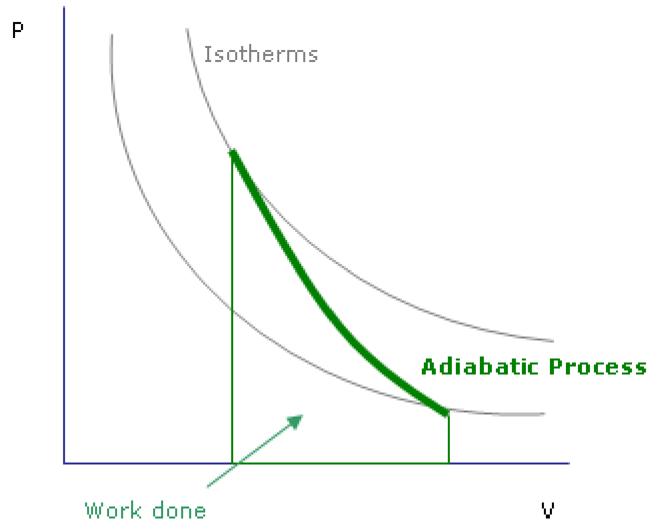
	W	ΔU
A	$-P_i \cdot V_i$	$5P_i \cdot V_i/2$
B	$RT_i 2\ln 2$	$= 0$
C	$= 0$	$-5P_i \cdot V_i/2$

Värmet Q, ges av $Q = \Delta U - W$.

8 a

	W	Q	ΔU
A	< 0	> 0	> 0
B	= 0	> 0	> 0
C	> 0	< 0	< 0
D	= 0	< 0	< 0

9 a



b Isoterm: $W < 0,\ \Delta U = 0,\ Q > 0$. Adiabat: $Q = 0,\ \Delta U = W < 0$.

C Isoterm: $Q = 2RT\ln 2 = -W$. Adiabat: $\Delta U = W = -3RT_i(1 - 2^{-\frac{2}{3}})$.

10 Använd diagrammet på sidan 13. Ca 9g och 10 ^0C.

Lösningar till *-markerade uppgifter.

4 För att kyla vattnet måste värmemängden Q lämna vattnet.
$Q = (14 - 4) \cdot 0.2 \cdot 4.18$ kJ = 8.36 kJ.
Isen har massan m. Först smälter isen sedan värms smältvattnet upp från 0 till $4\ ^{o}\mathrm{C}$.
Den värmemängd som tillförs isen är samma som den värmemängd som drycken avgivit. Detta samband ger att $m \cdot 334 + 4 \cdot m \cdot 4.18 = 8.36 \cdot 10^3$.
Uträkning ger att m = 24 g

7 b Process A: Vid expansion utfört gasen ett arbete, alltså är $W < 0$. Trycket är konstant medan volymen ökar. Ideala gaslagen ger då att temperaturen också ökar, vilket innebär att den inre energin växer. Alltså $\Delta U > 0$. Första huvudsatsen, $\Delta U = Q + W$ ger att $Q > 0$.
Process B: Temperaturen är konstant vilket medför att inre energin också är konstant (gäller allmänt för ideala gaser). Alltså $\Delta U = 0$. Vid kompression är $W > 0$. Första huvudsatsen ger att $Q = -W$.
Process C: Volymen är konstant vilket innebär att $W = 0$. Eftersom trycket minskar så minskar även temperaturen och därmed gäller att $\Delta U < 0$. Första huvudsatsen ger att även $Q < 0$.

c För process A gäller att $W = -\int PdV = -P_i \cdot (2V_i - V_i) = -P_i \cdot V_i$.
För inre energin gäller att $U = \frac{f}{2} nRT$ (f = 5 eftersom kväve är en tvåatomisk gas) som tillsammans med ideala gaslagen, $PV = nRT$ ger att $U = \frac{5}{2} PV$. I detta fall får vi

$$\Delta U = \frac{5}{2} P_i \cdot (2V_i) - \frac{5}{2} P_i \cdot V_i = \frac{5}{2} P_i \cdot V_i$$

Process B: Vi behöver bara beräkna W. Det gäller att
$W = -\int_{2V_i}^{V_i} PdV = \int_{V_i}^{2V_i} \frac{RT_0}{V} dV = RT_0 \ln 2$.
I process B är den konstanta temperaturen $T_0 = 2T_i$ vilket ger svaret.
Process C. För den inre energin finner vi att
$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot P_i \cdot V_i - \frac{5}{2} \cdot (2P_i) \cdot V_i = -\frac{5}{2} \cdot P_i \cdot V_i$.