

TFY4165 Termisk fysikk Eksamen 5. august 2025

1) Hvilken størrelse er ekstensiv?

- A) Entalpi B) Molar smeltevarme C) Kjemisk potensial
D) Temperatur E) Trykk F) Konsentrasjon
-

2) Hva er atmosfærens massetetthet på jorda ved temperatur 240 K og trykk 1.00 bar?

Anta ideell gass med 80% nitrogen (28 g/mol) og 20% oksygen (32 g/mol).

- A) 0.94 kg/m³ B) 1.04 kg/m³ C) 1.14 kg/m³
D) 1.24 kg/m³ E) 1.34 kg/m³ F) 1.44 kg/m³
-

3) Hva er atmosfærens massetetthet på Jupiter ved temperatur 88.0 K og trykk 4.50 bar? Anta ideell gass med 10% helium (4.0 g/mol) og 90% hydrogen (2.0 g/mol).

- A) 0.95 kg/m³ B) 1.05 kg/m³ C) 1.15 kg/m³
D) 1.25 kg/m³ E) 1.35 kg/m³ F) 1.45 kg/m³
-

4) Hva er isoterm kompressibilitet til en ideell gass ved trykk 4.50 bar og temperatur 88.0 K?

- A) $4.50 \cdot 10^5 \text{ Pa}^{-1}$ B) $2.22 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$ C) $11.4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}^{-1}$
D) $4.50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ E) $2.22 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$ F) $11.4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$
-

5) Hva er trykk-koeffisienten til en ideell gass ved trykk 4.50 bar og temperatur 88.0 K?

- A) $4.50 \cdot 10^5 \text{ K}^{-1}$ B) $2.22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ C) $11.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
D) $4.50 \cdot 10^5 \text{ K}$ E) $2.22 \cdot 10^{-6} \text{ K}$ F) $11.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}$
-

6) Et mol ideell gass ved temperatur 300 K tilføres varme ved konstant trykk 3.00 bar inntil gassens volum har blitt dobbelt så stort. Deretter utvider gassen seg isotermt inntil trykket er redusert til 1.00 bar. Hvor stort arbeid har gassen utført på omgivelsene?

- A) 4.20 kJ B) 5.19 kJ C) 6.08 kJ D) 7.97 kJ E) 8.86 kJ F) 9.75 kJ
-

7) 75.0 cm³ ideell gass med adiabatkonstant $\gamma = 1.35$ ved trykk 25.0 bar utvider seg adiabatisk til et sluttvolum 750 cm³. **Hvor stort arbeid har gassen utført på omgivelsene?**

Tips: $pV^\gamma = \text{konstant}$

A) 196 J B) 246 J C) 296 J D) 346 J E) 396 J F) 446 J

Oppgave 8–10: En ideell gass med adiabatkonstant $\gamma = 1.35$ utvider seg adiabatisk fra en tilstand med temperatur 373 K, trykk 6.5 bar og volum 0.15 L, til en tilstand med volum 0.90 L.

8) **Hvor stor er stoffmengden?**

A) 0.031 mol B) 0.042 mol C) 0.053 mol D) 0.064 mol E) 0.075 mol F) 0.086 mol

9) **Hva er trykket etter den adiabatisk utvidelsen?**

A) 0.21 bar B) 0.30 bar C) 0.49 bar D) 0.58 bar E) 0.67 bar F) 0.76 bar

10) **Hva er temperaturen etter den adiabatisk utvidelsen?**

A) 177 K B) 199 K C) 221 K D) 243 K E) 265 K F) 287 K

Oppgave 11–12: I et varmepumpeeksperiment stiger temperaturen i 2.25 L vann i en bølge (høytemperaturreservoaret) fra 11.5 til 29.5 grader celsius i løpet av 20 minutter. I samme tidsrom avtar temperaturen i 2.25 L vann i en annen bølge (lavtemperaturreservoaret) fra 11.5 til 1.5 grader celsius. Kompressoren forbruker en konstant elektrisk effekt 85.0 W. Varmekapasiteten til vann er 4.2 J/gK. Massetettheten er 1.0 g/cm³.

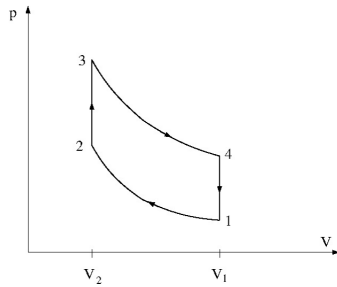
11) **Dersom vi betrakter dette som et kjøleskap, hva er effektfaktoren?**

A) 0.72 B) 0.93 C) 1.15 D) 1.31 E) 1.48 F) 1.67

12) **Dersom vi betrakter dette som ei varmepumpe, hva er effektfaktoren?**

A) 0.72 B) 0.93 C) 1.15 D) 1.31 E) 1.48 F) 1.67

Oppgave 13–17:



En reversibel Otto-syklus består av to adiabatisk (isentropiske) og to isokore delprosesser. Syklusen karakteriseres gjerne ved kompresjonsforholdet $\kappa = V_1/V_2$. Her antar vi at arbeidssubstansen er 1.00 mol av en toatomig ideell gass med adiabatkonstant $\gamma = 7/5$.

13) Hva er riktig påstand om arbeidet som utføres av gassen i de fire delprosessene?

- A) $W_{12} > 0$, $W_{23} > 0$, $W_{34} < 0$, $W_{41} < 0$
- B) $W_{12} < 0$, $W_{23} = 0$, $W_{34} < 0$, $W_{41} = 0$
- C) $W_{12} = 0$, $W_{23} < 0$, $W_{34} = 0$, $W_{41} > 0$
- D) $W_{12} < 0$, $W_{23} = 0$, $W_{34} > 0$, $W_{41} = 0$
- E) $W_{12} = 0$, $W_{23} > 0$, $W_{34} = 0$, $W_{41} < 0$
- F) $W_{12} > 0$, $W_{23} = 0$, $W_{34} > 0$, $W_{41} = 0$

14) Hva er riktig påstand om varmen som tilføres gassen i de fire delprosessene?

- A) $Q_{12} > 0$, $Q_{23} > 0$, $Q_{34} < 0$, $Q_{41} < 0$
- B) $Q_{12} = 0$, $Q_{23} < 0$, $Q_{34} = 0$, $Q_{41} < 0$
- C) $Q_{12} < 0$, $Q_{23} = 0$, $Q_{34} > 0$, $Q_{41} = 0$
- D) $Q_{12} = 0$, $Q_{23} > 0$, $Q_{34} = 0$, $Q_{41} > 0$
- E) $Q_{12} > 0$, $Q_{23} = 0$, $Q_{34} < 0$, $Q_{41} = 0$
- F) $Q_{12} = 0$, $Q_{23} > 0$, $Q_{34} = 0$, $Q_{41} < 0$

15) Hva er riktig påstand om endringen i gassens indre energi i de fire delprosessene?

- A) $\Delta U_{12} > 0$, $\Delta U_{23} = 0$, $\Delta U_{34} = 0$, $\Delta U_{41} < 0$
- B) $\Delta U_{12} > 0$, $\Delta U_{23} < 0$, $\Delta U_{34} > 0$, $\Delta U_{41} < 0$
- C) $\Delta U_{12} > 0$, $\Delta U_{23} = 0$, $\Delta U_{34} < 0$, $\Delta U_{41} = 0$
- D) $\Delta U_{12} > 0$, $\Delta U_{23} > 0$, $\Delta U_{34} < 0$, $\Delta U_{41} < 0$
- E) $\Delta U_{12} = 0$, $\Delta U_{23} > 0$, $\Delta U_{34} = 0$, $\Delta U_{41} < 0$
- F) $\Delta U_{12} < 0$, $\Delta U_{23} < 0$, $\Delta U_{34} < 0$, $\Delta U_{41} < 0$

16) Anta at gassens temperatur er hhv $T_2 = 373$ K og $T_3 = 1200$ K i tilstandene merket 2 og 3. Hva er da endringen ΔS_{23} i gassens entropi når den går fra tilstand 2 til tilstand 3?

- A) 18.2 J/K B) 24.3 J/K C) 30.4 J/K D) 36.5 J/K E) 42.6 J/K F) 48.7 J/K

17) Med temperaturene T_2 og T_3 som i forrige oppgave, hva må kompresjonsforholdet κ være dersom vi ønsker $p_2 = p_4$?

- A) 3.90 B) 3.50 C) 3.10 D) 2.70 E) 2.30 F) 1.90
-

18) Vi kaster kron-og-mynt med 100 kronestykker. Vi betegner sannsynligheten for n kron (og $100 - n$ mynt) med P_n , som er proporsjonal med antall ulike mikrokonfigurasjoner som tilsvarer n kron,

$$\Omega_n = \frac{100!}{n!(100 - n)!}.$$

Hva er P_{40}/P_{50} ?

- A) 0.0000588 B) 0.000429 C) 0.00111 D) 0.0718 E) 0.136 F) 0.345

19) Utstrålt effekt fra ei kule med radius 15.0 cm er 150 W. Vi antar at kula er et svart legeme.

Hva er kulas overflatetemperatur?

- A) 311 K B) 342 K C) 373 K D) 404 K E) 435 K F) 466 K

20) Utstrålt effekt fra ei kule med radius 15.0 mm er 150 mW. Vi antar at kula er et svart legeme.

Ved hvilken bølgelengde er utstrålt intensitet pr bølgelengdeenhet maksimal?

- A) 16.6 μm B) 26.6 μm C) 36.6 μm D) 46.6 μm E) 56.6 μm F) 66.6 μm

21) Med utgangspunkt i at $Z = \exp(-F/k_B T)$, $F = U - TS$ og den termodynamiske identitet (for et konstant antall partikler N), hvordan kan entropien S uttrykkes ved partisjonsfunksjonen Z ?

- A) $S = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial V)_T]$ B) $S = k_B T (\partial \ln Z / \partial V)_T$
C) $S = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial V)_p]$ D) $S = k_B T (\partial \ln Z / \partial V)_p$
E) $S = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial T)_V]$ F) $S = k_B T (\partial \ln Z / \partial T)_V$

22) Med utgangspunkt i at $Z = \exp(-F/k_B T)$, $F = U - TS$ og den termodynamiske identitet (for et konstant antall partikler N), hvordan kan trykket p uttrykkes ved partisjonsfunksjonen Z ?

- A) $p = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial V)_T]$ B) $p = k_B T (\partial \ln Z / \partial V)_T$
C) $p = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial V)_p]$ D) $p = k_B T (\partial \ln Z / \partial V)_p$
E) $p = k_B [\ln Z + T (\partial \ln Z / \partial T)_V]$ F) $p = k_B T (\partial \ln Z / \partial T)_V$

23) Volumet og trykket halveres i en ideell gass. Hvordan går det da med temperaturen?

- A) $T \rightarrow T/2$ B) $T \rightarrow 2T$ C) $T \rightarrow 3T/2$
D) $T \rightarrow T/3$ E) $T \rightarrow 2T/3$ F) $T \rightarrow T/4$

24) Ved konstant volum $10b$ dobles trykket i en van der Waals-gass fra verdien $a/100b^2$. Hvordan går det da med temperaturen?

- A) $T \rightarrow T/2$ B) $T \rightarrow 2T$ C) $T \rightarrow 3T/2$
D) $T \rightarrow T/3$ E) $T \rightarrow 2T/3$ F) $T \rightarrow T/4$
-

Oppgave 25–32: Et kjøleskap bruker karbondioksid (R744), CO_2 , som kjølemiddel. Molar masse for karbondioksid er 44.01 g/mol. Gass-væske faselikevekten for karbondioksid kan beskrives kvalitativt med van der Waals tilstandsligning, med parametrene $a = 0.36 \text{ Pa m}^6$ og $b = 0.04267 \text{ L}$ for 1.00 mol.

25) La oss først beskrive karbondioksid som en ideell gass. Ved temperatur 288 K og med molart volum 12.5 L/mol, **hva er trykket?**

- A) 1.62 bar B) 1.72 bar C) 1.82 bar D) 1.92 bar E) 2.02 bar F) 2.12 bar

26) La oss så benytte van der Waals tilstandsligning, med samme temperatur og molart volum som i forrige oppgave. **Hvor stort trykk gir dette?**

- A) 1.60 bar B) 1.70 bar C) 1.80 bar D) 1.90 bar E) 2.00 bar F) 2.10 bar

27) En kompressor komprimerer karbondioksidgassen til et molart volum 6.25 L/mol og trykk 3.90 bar. Med van der Waals tilstandsligning, **hva er nå temperaturen?**

- A) 293 K B) 298 K C) 303 K D) 308 K E) 313 K F) 318 K

28) Hva er kritisk temperatur for karbondioksid med van der Waals tilstandsligning?

- A) 301 K B) 311 K C) 321 K D) 331 K E) 341 K F) 351 K

29) Hva er kritisk trykk for karbondioksid med van der Waals tilstandsligning?

- A) 37 bar B) 46 bar C) 55 bar D) 64 bar E) 73 bar F) 82 bar

30) Molar isobar varmekapasitet til karbondioksidgass ved normale betingelser (1 bar, 25°C) er 37.12 J/mol K. **Hvor mange kvadratiske frihetsgrader bidrar da - sann omtrent - til indre energi i karbondioksidgass, ifølge det klassiske ekvipartisjonsprinsippet?** (Her antar vi ideell gass.)

- A) 3 B) 7 C) 11 D) 15 E) 19 F) 23

31) Karbondioksid sublimerer ved 194.65 K ved normalt trykk (1 bar). Temperaturen i trippelpunktet er 216.59 K. Midlere molar sublimasjonsvarme mellom disse temperaturene er ca 25.7 kJ/mol. **Med utgangspunkt i disse tallverdiene, hva er damptrykket til karbondioksid i trippelpunktet (216.59 K)?** (Her antar vi ideell gass.)

- A) 3.00 bar B) 4.00 bar C) 5.00 bar D) 6.00 bar E) 7.00 bar F) 8.00 bar

32) Med van der Waals tilstandsligning, hva er inversjonstrykket i karbondioksid ved 293 K?

- A) 21 bar B) 51 bar C) 81 bar D) 111 bar E) 141 bar F) 171 bar
-

33) Ei kule med radius 15 cm har konstant temperatur 35°C . Utenpå kula er det et kuleskall med tykkelse 5.0 cm og varmeledningsevne $0.075 \text{ W}/(\text{K m})$. Ytre overflate av kuleskallet har konstant temperatur 5.0°C . **Hvor stor varmeeffekt overføres ved stasjonær varmeledning ut gjennom kuleskallet?**

- A) 2 W B) 5 W C) 8 W D) 11 W E) 14 W F) 17 W
-

34) En lang sylinder med radius 15 cm har konstant temperatur 35°C . Utenpå sylindren er det et sylinderskall med tykkelse 5.0 cm og varmeledningsevne $0.075 \text{ W}/(\text{K m})$. Ytre overflate av sylinderskallet har konstant temperatur 5.0°C . Vi antar sylindersymmetri. **Hvor stor varmeeffekt overføres per lengdeenhet ved stasjonær varmeledning radielt ut gjennom sylinderskallet?**

- A) 25 W/m B) 37 W/m C) 49 W/m D) 61 W/m E) 73 W/m F) 85 W/m
-

35) En vegg mellom to rom har 15 mm tykke gipsplater på begge sider av et 200 mm tykt lag med mineralull. Gipsplatene har varmeledningsevne $0.25 \text{ W}/\text{Km}$ mens mineralull har varmeledningsevne $0.035 \text{ W}/\text{Km}$. Veggens høyde er 2.40 m og bredden er 2.70 m. Temperaturen i det ene rommet er 12°C , og temperaturen i det andre rommet er 18°C . **Hvor stor varmeeffekt overføres gjennom veggens?**

- A) 3.1 W B) 4.0 W C) 4.9 W D) 5.8 W E) 6.7 W F) 7.6 W
-

Oppgave 36–37: Et system med ikke-vekselvirkende partikler er i termisk likevekt med et varmereservoar som har temperatur T . En gitt partikkel befinner seg i en av fire mulige tilstander, med energi $E_n = n^2 E_0$, der $n = 1, 2, 3, 4$ nummererer de fire mulige tilstandene. Det er ingen begrensning på antall partikler som kan finne seg i en gitt energitilstand.

36) Anta at temperaturen er $T = E_0/k_B$. **Hva er midlere energi pr partikkel?**

- A) $1.14E_0$ B) $1.64E_0$ C) $2.14E_0$ D) $2.64E_0$ E) $3.14E_0$ F) $3.64E_0$

37) Anta at temperaturen er $T = 1000E_0/k_B$. **Hva er (omtrent) midlere energi pr partikkel?**

- A) E_0 B) $4E_0$ C) $7.5E_0$ D) $9E_0$ E) $12.5E_0$ F) $16E_0$
-

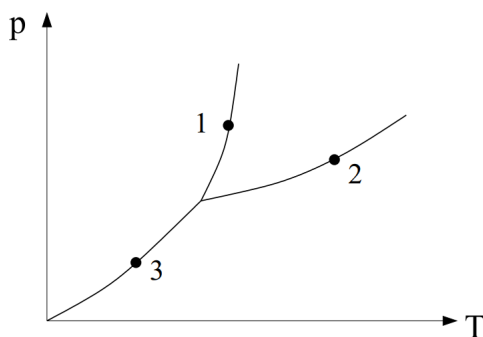
38) I denne oppgaven antar vi at H_2O har konstante latente varmer i de aktuelle temperatur-områdene, hhv molar fordampingsvarme $l_f = 45 \text{ kJ/mol}$ og molar sublimasjonsvarme $l_{\text{sub}} = 51 \text{ kJ/mol}$. Vinterluft med temperatur 258 K og relativ luftfuktighet 100% strømmer inn i stua, erstatter innelufta og varmes opp til 295 K.

Hva er nå relativ luftfuktighet i stua?

Tips 1: Relativ luftfuktighet: $\phi = p_{\text{H}_2\text{O}}/p_d$, der $p_{\text{H}_2\text{O}}$ er faktisk partialtrykk pga vanndamp og p_d er metningstrykket.

Tips 2: Bruk trippelpunktet som referanse, med temperatur 273 K og damptrykk 612 Pa.

- A) 2% B) 4% C) 6% D) 8% E) 10% F) 12%
-



39) Hva slags fase(r) er i likevekt i tilstand 3 i figuren over?

- A) Gass og væske
B) Væske og fast stoff
C) Gass og fast stoff
D) Gass, væske og fast stoff
E) Kun væske
F) Kun fast stoff
-

40) Hva slags prosess(er) kan foregå i tilstand 2 i figuren over?

- A) Smelting
B) Fordamping
C) Sublimasjon
D) Smelting og sublimasjon
E) Smelting og fordamping
F) Fordamping og sublimasjon
-