

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen
Navn: Frode Mo. Tlf. 93585

EKSAMEN I FAG SIF 4006 FYSIKK1

Datateknikk

Onsdag 2. desember 1998

Tid: kl. 0900 – 1500

Tillatte hjelpemidler: B2-godkjent lommekalkulator med tomt minne
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen. Formelsamling i matematikk
K. Rottmann: Matematisk formelsamling

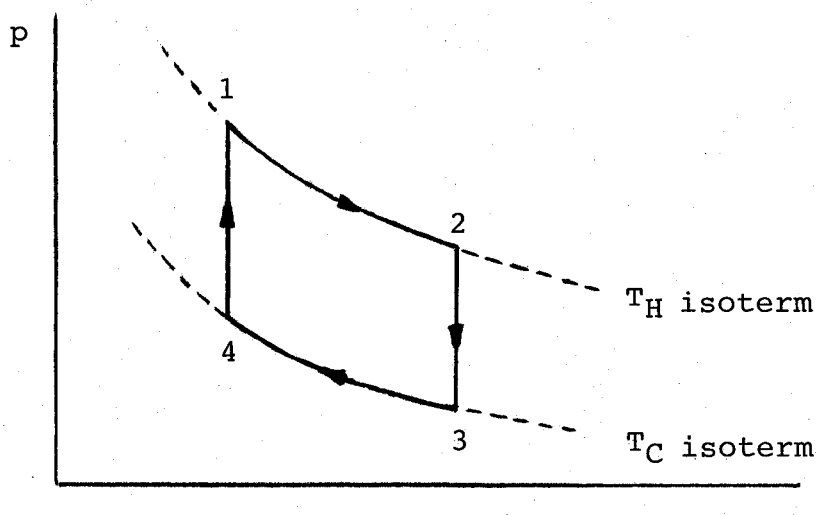
Svar på oppgave 3 skal føres på tekstsidene, og disse må leveres inn som en del av besvarelsen.

Oppgave 1.

a) Definer disse termodynamiske transformasjonene:

- reversibel prosess
- adiabatisk prosess
- isoterm prosess

Sterling-prosessen:



Sterling-maskinen som har fått navn etter oppfinneren, den skotske presten R. Stirling, har ikke fått samme utbredelse som flere av de andre typene av varmemaskiner, men den brukes som støysvak driftsmotor for forskjellige formål, for eksempel i noen typer ubåter. Den arbeider mellom temperaturene T_H (maks.) og T_C (min.) og volumene V_1 (min.) og V_2 (maks.). De fire delprosessene som inngår i Stirling-syklusen er vist i fig 1.

b) Beskriv disse delprosessene, og angi spesielt i hvilke av dem utført arbeid = 0.

Anta at arbeidsmedium i en Sterling-maskin er 1 mol av en ideell diatomær gass, som har molar varmekapasitet $c'_v = 5/2 R$.

- c) Sett opp termodyn. 1. lov og beregn varmestrømmen for hver av de fire delprosessene (trinnene). Regn med fortegn og angi spesielt for hvilke trinn varmestrømmen er avgitt og for hvilke den er absorbert. Sett: $T_H = 750 \text{ K}$, $T_C = 400 \text{ K}$, $V_1 = 5 \text{ l}$, $V_2 = 15 \text{ l}$.
- d) Hvor stort er arbeidet som utføres i hver delprosess? (Regn med fortegn)
- e) Definer generell virkningsgrad η for en varmemaskin og beregn η_S for Sterling-maskinen.
- f) Virkningsgraden for en Carnot-maskin η_C kan uttrykkes enkelt ved ekstremaltemperaturene i prosessen. Utled dette uttrykket. Hva er η_C mellom de samme temperaturene som under pkt. c)? Diskuter resultatene fra pkt. e) og f).

Gasskonstanten $R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

Oppgave 2

Ei kule av dielektrisk materiale med radius R har en total fri ladning Q . Tettheten av fri ladning ρ varierer med r , avstanden fra kulesentrum:

$$\begin{aligned} \rho(r) &= \rho_0 r^2 & \text{for } r \leq R \\ \rho(r) &= 0 & \text{for } r > R \end{aligned}$$

- a) I Vis at konstanten $\rho_0 = \frac{5Q}{4\pi R^5}$
- II Hva blir fri ladning $q(r)$ innenfor en radius r ($r \leq R$)?
- III Plott ρ som funksjon av r .
- b) Utled elektrisk felt $E(r)$ pga. fri ladninger som funksjon av r for områdene I) $r \geq R$ og II) $r \leq R$. Anta $\epsilon = \epsilon_0$. III) Plott $E(r)$ sfa. r for intervallet $r = 0$ til $r = 4R$. Angi spesielt eventuelle ekstremalpunkter og verdiene av E der.
- c) Utled elektrisk potensiale $V(r)$ pga. fri ladninger som funksjon av r for de samme områdene I og II. Anta $\epsilon = \epsilon_0$. III) Plott $V(r)$ sfa. r for intervallet $r = 0$ til $r = 4R$.

I pkt. b) og c) har vi antatt $\epsilon = \epsilon_0$ både utenfor og innenfor kula. I virkeligheten har kulematerialet en dielektrisitetkonstant $K > 1$ og $\epsilon = K \epsilon_0$. Fysisk betyr det at det induseres en ladning Q_i i materialet.

- d) I Hvor stor er indusert ladning $q_i(r)$ innenfor en radius $r \leq R$ uttrykt ved Q ?
- II Hva er tettheten av indusert ladning $\rho_i(r)$?
- e) Hvordan vil dette påvirke forløpene av $E(r)$ og $V(r)$? Vis resultatene i nye plott av $E(r)$ og $V(r)$ sfa. r og diskuter kort resultatene.

Oppgave 3

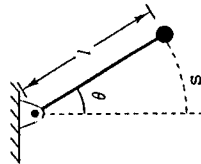
Svar kort, tegn skisse eller marker rett svar med ring rundt den aktuelle bokstaven.

1. To masser, m_1 og m_2 , der $m_2 = 2m_1$, henges opp i hver sin identiske fjær. Den ene fjæra + massen m_1 (system A) trekkes dobbelt så langt ut som den andre fjæra + massen m_2 (system B) og begge fjær/masse-systemene slippes samtidig. Hvilket system, A eller B, når først likevektsposisjonen?

A B C

A først B først A og B samtidig

2. Pendelen i figuren svinger friksjonsfritt under påvirkning av gravitasjonen. Pendelstaven er stiv og masseløs, all masse antas å ligge i loddet i enden. Utled et uttrykk som viser at for tilstrekkelig små utsving θ er systemet en harmonisk oscillator.



4. Et tau med masse 2.5 kg er strukket mellom to festepunkter i avstanden 5.0 m. En transversal bølge startes ved å slå til tauet ved det ene festet. Bølgen når det andre festet etter 0.5 s. Hva er spenningen i tauet?

A B C D E
0.2 N 5 N 50 N 125 N 350 N

5. En mann står i vinduet på et hurtigtog som kjører i 240 km/t. Når toget nærmer seg kjæresten som venter ved sporet tar han opp signalhornet og blåser en tone med frekvens f . Hvilken frekvens hører kjæresten? Lydhastigheten i luft er 333 m/s.

A B C D E
0.75 f 0.83 f f 1.20 f 1.25 f

6. Det laveste gasstrykket som kan oppnås med moderne vakuumpumpe er ca. 10^{-12} N/m². Hvor mange molekyler er det pr. cm³ ved dette trykket og $T = 17$ °C?

A B C D E
 $6.022 \cdot 10^{23}$ $2.69 \cdot 10^{19}$ $2.5 \cdot 10^{12}$ $8.31 \cdot 10^6$ 250

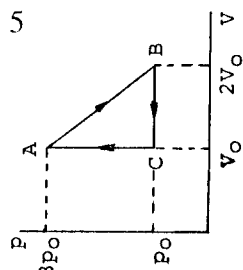
7. En sylinder med et bevegelig stempel inneholder en viss mengde luft ved $p = 10^5$ Pa og $T = 20$ °C. Det tilføres varme ved konstant volum innil trykket har økt 40%. Hva er da temperaturen i °C?

3. Forklar kort fenomenet resonans. Bruk som eksempel et underdempet harmonisk svingesystem.

A B C D E
489 312 202 137 28

Side 3 av 5

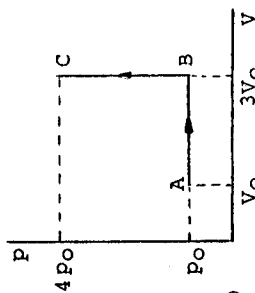
8. 1 mol av en ideell gass inngår i en arbeidsyklus A-B-C-A som vist i figuren. Alle delprosessene er lineære i pV-plottet. Hvor stort arbeid har gassen utført?



A B C D
 $9 p_0 V_0$ $3 p_0 V_0$ $p_0 V_0$ $1/3 p_0 V_0$

9. En ideell monoatomær gass inngår i en 2-trinns prosess som vist i pV-plottet. Hva er forandringen i indre energi ΔU ved transformasjonen $A \rightarrow C$?

A	B	C	D
$99.78 p_0 V_0$	$33/2 p_0 V_0$	$12 p_0 V_0$	$3/2 p_0 V_0$



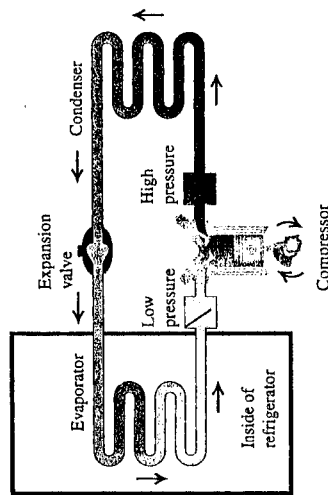
10. 1 l av en ideell diatomær gass får ekspandere til det doble volumet, i et tilfelle adiabatisk, i et annet tilfelle isotermt. Hva er forholdet mellom trykkendringene $\Delta p_{\text{adit}}/\Delta p_{\text{iso}}$?

A	B	C	D	E
4.18	2.0	1.4	1.24	0.72

11. 1 mol N_2 -gass oppbevares ved $T = 295$ K. Hva er indre energi for gassen?

A	B	C	D	E
290 J	3680 J	8300 J	$3.7 \cdot 10^4$ J	$8.3 \cdot 10^5$ J

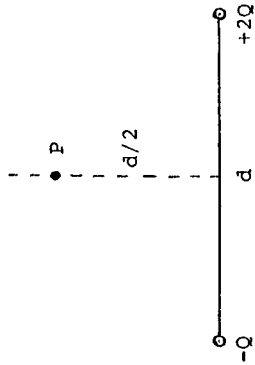
12. Forklar virkemåten av kjøleskapet med referanse til prinsippskissen.



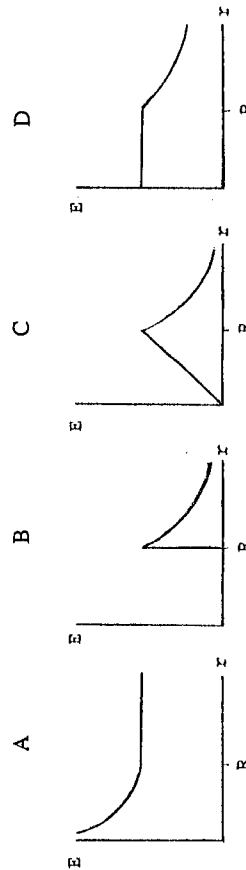
13. Hva blir entropipøkningen (J/K) når 30 g is ved 0°C smelter til vann som deretter blir oppvarmet til 10°C ? Latent smeltevarme for is: 334 kJ/kg, spesifikk varme for vann: 4.18 kJ/kg.

A	B	C	D	E
41.2	100.6	166.7	495	1292

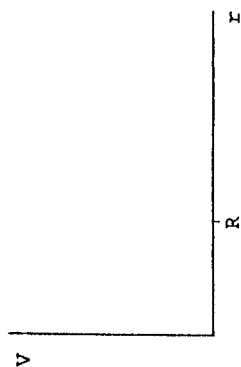
14. To partikler med ladning $-Q$ og $+2Q$ ligger i en avstand d fra hverandre. Et punkt P ligger på midtnormalen i avstand $d/2$ fra linja mellom de to ladningene. Vis vha. vektorpiler i figuren relativ størrelse og retning både for de elektriske feltene som hver av ladningene setter opp i P, og for resultatfeltet.



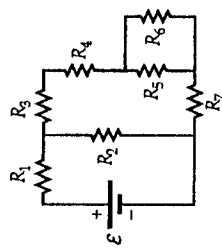
15. Ei massiv kule av et godt ledende materiale har ladning Q. Kuleradius er R. Hvilken graf av elektrisk felt E sfa. avstanden r fra kulesentrum er riktig?



16. Det elektriske potensialet V skal utledes for kula i spørsmål 15. Vis i skisse forløpet av V sfa. avstanden r (sett $V = 0$ for $r = \infty$).



20. Skriv opp Amperes lov og diskuter innholdet i den. Når er denne loven særlig nyttig å bruke?



17. I resistornett i figuren har alle resistorene samme verdi = R unntatt R_7 som har verdi = $R/2$

Hva er resultatresistansen?

- | | | | | |
|------|---------|-----|---------|-------|
| A | B | C | D | E |
| $3R$ | $7/4 R$ | R | $2/5 R$ | $R/9$ |

18. Et proton (masse m_p og ladning e) og en α -partikkel ($m_\alpha = 4 m_p$, $Q_\alpha = 2e$) akselleres gjennom det samme potensialfallet V inn i et homogent magnetfelt B og normalt på B . Hva blir forholdet mellom baneradiene r_p/r_α ?

- | | | | | |
|-------|--------------|---|------------|---|
| A | B | C | D | E |
| $1/4$ | $1/\sqrt{2}$ | 1 | $\sqrt{2}$ | 4 |

19. Ei strømførende sløyfe kan rotere friksjonsfritt i et homogent magnetfelt B . I hvilken stilling relativt B vil sløyfa være i stabil likevekt (null netto dreitemoment, minimum energi)? Gi vinkelen mellom sløyfenormalen A og feltvektor B .

- | | | | |
|-----------|------------|-------------|-------------|
| A | B | C | D |
| 0° | 90° | 180° | 270° |