

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR ALMEN FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Hans M. Pedersen

Tlf.: 3587

EKSAMEN I FAG 70525 FYSIKK
Avd. IV^{A,B,C} (Elektro/Data)

2. juni 1987

Tid: kl. 0900-1500

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk
K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

Oppgave 1

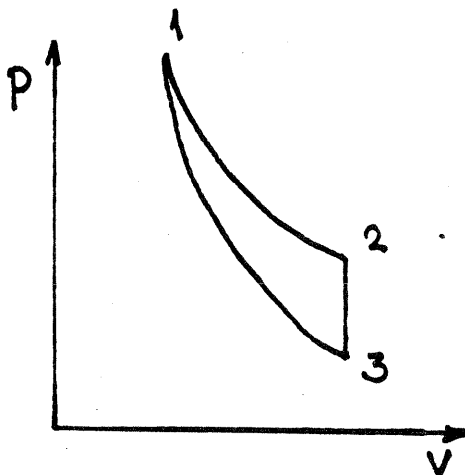
a) Hva vil det si at en termodynamisk prosess er

- reversibel
- adiabatisk

Beskriv Carnotprosessen og definer prosessens virkningsgrad. Skriv ned, uten utledning et uttrykk som angir hvordan virkningsgraden avhenger av temperaturer.

b) Anta at et varmekraftverk leverer 1000 MW effekt fra dampturbiner. Dampen går inn i turbinen overopphetet ved 520 K og avgir den ubenyttede varmen i en elv med temperatur 290 K. Anta at turbinen opererer som en reversibel Carnotmaskin. Beregn den varmemengde som avgis til elvevannet pr. sekund når kraftverket leverer 1000 MW. Beregn temperaturøkningen i elva nedenfor kraftverket dersom vannføringen i elva er $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

c)



Et mol ideelle toatomige gassmolekyler gjennomløper en kretsprosess som består av en isotherm (1 → 2 i figuren), en isochor (2 → 3) og en adiabat (3 → 1). Tilstand 3 er gitt ved

$$p_3 = 1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa,}$$

$$T_3 = 293 \text{ K.}$$

Beregn gassens volum i tilstand 3 og dens trykk volum og temperatur i tilstandene 1 og 2 når $T_2 = 373 \text{ K}$.

- d) Beregn arbeidet utført av gassen ved et omløp av kretsprosessen samt prosessens virkningsgrad (formel og tallsvar).

Oppgitte konstanter:

$$\begin{aligned} \text{For toatomig gass: } R &= 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \\ C_v &= 20,79 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \\ \gamma &= C_p/C_v = 1,40 \end{aligned}$$

$$\text{For vann : } C_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

Oppgave 2

I et bølgebasseng måles periode P og bølgelengde λ for harmoniske overflatebølger i vann. Når perioden er $P_1 = 1,5$ s er bølgelengden $\lambda_1 = 3,51$ m og når perioden er $P_2 = 1,65$ s er bølgelengden $\lambda_2 = 4,25$ m.

- a) Forklar hva som menes med dispersjon. Har vi det i dette tilfellet?

I et eksperiment forplantes disse to bølgene samtidig i positiv x -retning med samme amplitude A .

- b) Utled uttrykket for resultantbølgen. Vis at denne består av en bølge med hastighet lik fasehastigheten $v \approx \frac{k_1+k_2}{\omega_1+\omega_2}$ hvor amplituden varierer i rom og tid, og hvor disse variasjonene forplantes med hastighet lik gruppehastigheten $v_g \approx \frac{k_1-k_2}{\omega_1-\omega_2}$.
- c) Bruk oppgitte data til å finne fasehastighet v og gruppehastighet v_g for resultantbølgen.
- d) Skisser skjematisk hvordan resultantbølgen ser ut. Hvor mange bølgetopper befinner det seg i hver bølgegruppe, dvs. mellom to nærliggende nullpunkter for amplituden?
- e) Hvor lang tid oppholder en bølgetopp seg i en bølgegruppe?

Oppgave 3

Elektronene i dobbeltbindingene mellom C-atomene i noen molekyler er ikke bare knyttet til en binding, men kan bevege seg relativt fritt gjennom hele molekylet langs C-kjeden. Et slikt molekyl kan altså betraktes som et område med et lite potensial, mens endepunktene av molekylet er områder med meget høyt potensial.

Den kvantemekaniske modell for molekylet er derfor partikkel i en endimensjonal potensialboks.

Et elektron med masse m kan bevege seg fritt i molekylet der molekylets effektive lengde er a . Elektronets potensielle energi er altså $E_p(x) = 0$ i intervallet $0 \leq x \leq a$, mens $E_p(x) = \infty$ ellers.

- a) i. Still opp Schrødingers tidsuavhengige ligning for elektronet i molekylet.
- ii. Bestem bølgefunksjonene for elektronet i molekylet. Bølgefunksjonene er reelle så det er ikke nødvendig å regne komplekst.
- iii. Normer bølgefunksjonene.
- iv. Bestem energiene til disse tilstandene.
- b) Tegn de 4 første energiverdiene i et energinivåskjema, og skisser de tilsvarende sannsynlighetstetthetene som funksjon av x i en graf for elektronet i molekylet.
- c) Bruk Heisenbergs usikkerhetsrelasjon ($\Delta x \cdot \Delta p \approx h$, $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$), og anslå middelvei og spredning på elektronets posisjon, impuls og energi i grunntilstanden.
- d) Ved et forsøk absorberer molekylet lys med bølgelengde $\lambda = 451$ nm som assosieres med et sprang fra energinivå med kvantetall $n = 11$ til energinivå med kvantetall $n = 12$. Hvor stor er molekylets effektive lengde a ?

Oppgitt: Schrødingers tidsuavhengige ligning:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + E_p(x) \psi = E \psi$$