

UNIVERSITETET I TRONDHEIM  
 NORGES TEKNISKE HØGSKOLE  
 INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Hans M. Pedersen, tlf. 3587

EKSAMEN I FAG 70525 FYSIKK FOR AVD. IV<sup>A,B,C</sup>

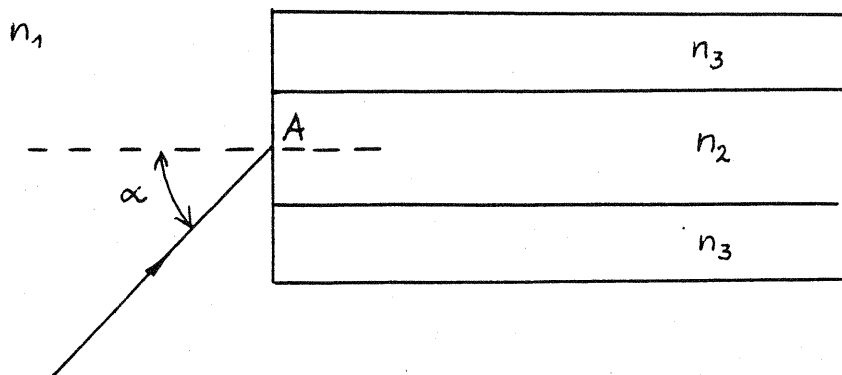
Lørdag 27. august 1988

Tid: kl. 0900-1500

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

### Oppgave 1

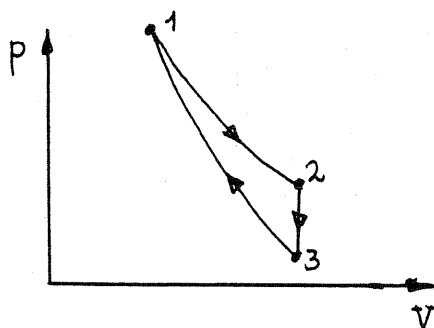
En optisk fiber har form av en rett sylinder som vist på figuren. Fiberen er omgitt av et medium med absolutt brytningsindeks  $n_1$ . Den består av en indre sylinder av et materiale med brytningsindeks  $n_2$ . Utenpå denne har vi en ytre del (sylinderskall) av et materiale med brytningsindeks  $n_3$ .



Vi betrakter en lysstråle som ligger i et plan gjennom sylinderaksen. Den kommer utenfra og treffer endeflaten av fiberen i A med innfallsvinkel  $\alpha$ .

- a) Finn den betingelsen  $\alpha$  må oppfylle for at denne strålen skal bli totalreflektert hver gang den treffer grenseflaten mellom indre og ytre del av fiberen. Betingelsen har form av en ulikhet hvor  $\alpha$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  og  $n_3$  inngår.
- b) Ofte er det luft som omgir fiberen, slik at man kan sette  $n_1=1$ . I det etterfølgende betrakter vi en slik situasjon.  
Er det mulig å velge  $n_2$  og  $n_3$  slik at man får totalrefleksjon hver gang strålen treffer grenseflaten mellom indre og ytre del av fiberen - uansett verdien av  $\alpha$ ?  
Undersøk dette og gi den betingelse som eventuelt må være oppfylt.
- c) Hva bruker man optiske fibre til?  
Hvorfor består en optisk fiber av en indre del og en ytre del som har ulike brytningsindekser?

### Oppgave 2



En mol ideell toatomig gass gjennomløper en kretsprosess som består av en isotherm (1 $\rightarrow$ 2 i figuren), en isocor (2 $\rightarrow$ 3) og en adiabat (3 $\rightarrow$ 1). Tilstand 3 er gitt ved  $p_3 = 1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $T_3 = 293 \text{ K}$ .

- a) Beregn gassens volum i tilstand 3 og dens trykk, volum og temperatur i tilstandene 1 og 2, når  $T_2 = 373 \text{ K}$ .
- b) Beregn arbeidet utført av gassen ved et omløp av kretsprosessen og finn prosessens virkningsgrad.
- c) Beregn gassens entropiendring i prosessen 2 $\rightarrow$ 3.

- d) Anta at prosessen 2→3 gjennomføres ved at beholderen som inneholder gassen en viss tid bringes i termisk kontakt med omgivelsene som har den konstante temperaturen  $T_0 = 290 \text{ K}$ . Temperaturen i gassen vil da langsomt synke ved at varme ledes ut gjennom beholderens vegger. Når vi ser bort fra varmekapasitetseffekter i beholderens vegger, hva blir omgivelsenes entropiendring ved et omløp av prosessen? Hva blir den totale entropiendring til gass pluss omgivelser ved et omløp?

Oppgitt: Den molare gasskonstanten er  $R = 8,3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ .

### Oppgave 3

- a) Hvordan lyder Heisenbergs usikkerhetsrelasjon?  
En partikkel med masse  $m$  er innesperret i en kubisk boks med volum  $V=L^3$ . Bruk usikkerhetsrelasjonen til å anslå den laveste energien partikkelen kan ha.
- b) Fri partikler med hastighet  $v$  og hvilemasse  $m$  har energi  $E$  og impuls  $p$ . Vis at:

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}.$$

Hva er energien for en partikkel i ro ( $v=0$ )?

Hva er energien for et foton ( $m=0$ )?

- c) Fotoner med bølgelengde  $\lambda$  spres ved kollisjoner med elektroner i et stoff. Anta at elektronet er i ro før kollisjonen, og bruk energi- og impulsbevarelse til å vise at det spredte fotonet har bølgelengde  $\lambda'$  gitt ved:

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\phi),$$

hvor  $m_e$  er elektronmassen og  $\phi$  er fotonets spredningsvinkel.

- d) Hva kalles effekten i c) og hva illustrerer den?  
Hvor stor er den maksimale bølgelengdeendringen  $\lambda' - \lambda$ , og hvilken spredningsvinkel  $\phi$  opptrer den ved?  
Hvor stor impuls og kinetisk energi har elektronet etter kollisjonen i dette tilfellet? Anta at  $\lambda = 0,1 \text{ nm}$ .

Oppgitt:  $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ ,  $p = \frac{mv}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ ,

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$