

Institutt for fysikk

## **Eksamensoppgave i TFY 4102 Fysikk - Kontinuasjoneksamen**

**Faglig kontakt under eksamen: Magnus Lilledahl**  
**Tlf.:92851014**

**Eksamensdato: 15. august 2013**

**Eksamenstid (fra-til): 0900-1300**

**Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C (Karl Rottmann, Matematisk formelsamling.  
Spesifisert enkel kalkulator)**

**Annen informasjon:** Oppgavesettet har 8 sider inkludert forside. Det er to deler. Del 1 består av regneoppgaver (3 oppgaver) og Del 2 er flervalgsoppgaver (8 oppgaver). Siste side er svarark for flervalgsoppgaver. Riv av dette arket og legg ved besvarelsen. Vekting av deloppgaver er angitt, totalt 100 poeng. Potensielt nyttige likninger og konstanter står på side 7.

**Målform/språk: Bokmål**

**Antall sider: 8**

**Antall sider vedlegg:**

**Kontrollert av:**

---

Dato

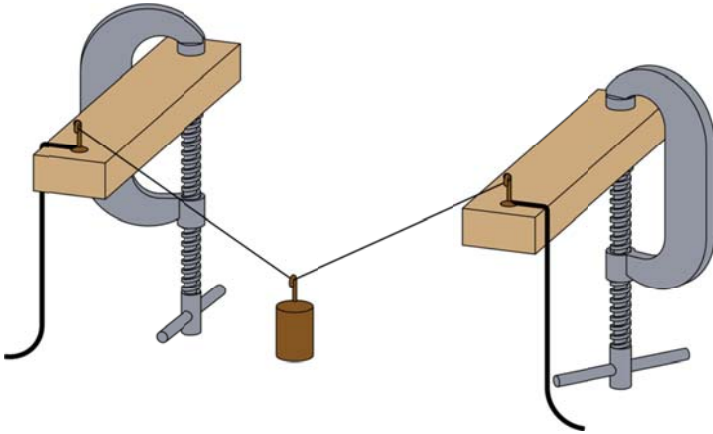
Sign

## Del 1 - Regneoppgaver

### Oppgave 1

Romfartøyet Curiosity landet i 2012 på Mars. Når fartøyet gikk inn i atmosfæren, ble det bremsset av luftmotstanden. Vi skal analysere to faser av landingen, første del hvor kun selve fartøyet luftmotstand virker, og andre del hvor en fallskjerm åpner seg for å bremse fallet ytterligere.

- a) (7 poeng) Vi skal anta følgende modell for luftmotstanden: Når fartøyet suser gjennom atmosfæren, akselererer den luften den dytter foran seg til samme hastighet som fartøyet (slik at luften får en bevegelsesmengde). Mengden luft som akselereres i et gitt tidsrom er bestemt av volumet som sonden sveiper gjennom det gitte tidsrom, altså bestemt av arealet og farten til sonden. Bruk dette til å vise at luftmotstanden (kraften) som virker på fartøyet er  $\rho A v^2$ , der  $\rho$  er massetettheten til atmosfæren,  $A$  er arealet til landingsfartøyet og  $v$  er hastigheten til fartøyet (Hint: Bevaring av bevegelsesmengde).
- b) (7 poeng) Finn et tallsvar på luftmotstanden som virker på fartøyet i en høyde 30 km over overflaten. Hastigheten er 5,5 km/s (anta konstant), og diameteren på fartøyet er 4,5 m. Massetettheten til atmosfæren i en høyde  $z$  over overflaten kan finnes fra  $\rho(z) = \rho_s \exp(-\frac{z}{z_0})$ , der  $\rho_s = 0,020 \text{ kg/m}^3$  er massetettheten ved overflaten til Mars og  $z_0 = 11 \text{ km}$  er en konstant som avhenger av planetens egenskaper.
- c) (7 poeng) Nær overflaten åpner landingsfartøyet en fallskjerm for å bremse farten ytterligere (fartøyet luftmotstand blir nå neglisjerbar). Anta samme modell for luftmotstand for fallskjermen som ble gjort for fartøyet i a). Kraftene som virker på fartøyet er nå luftmotstanden og gravitasjonskraften. Hastigheten vil like etter at fallskjermen åpner seg nå en konstant verdi (terminal hastighet). Hva blir denne hastigheten (gi tallsvar)? Mars har en radius på 3400 km og en masse på  $6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ . Massen til Curiosity er 3200 kg, og diameteren på fallskjermen er 20 m. (Ikke bli bekymret om du finner en ganske høy hastighet, farten ble ytterligere senket av raketter før landing)



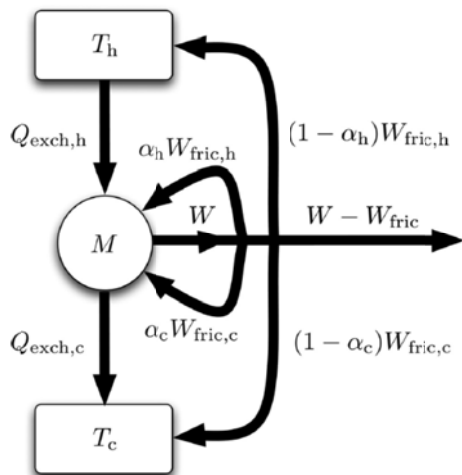
**Figur 1 (Oppgave 2).** En tråd med Nichrome er spent opp mellom to festepunkter, og det er hengt et lodd på midten.

## Oppgave 2

I denne oppgaven skal du bestemme temperaturutvidelseskoeffisienten  $\alpha$  til en metalltråd av Nichrome (en legering av nikkel og krom som kan brukes som et resistivt varmeelement). Anta at du har spent opp en tråd med Nichrome mellom to punkter og hengt et lodd midt på som har en masse på  $m = 100$  g (se figur 1). Avstanden mellom festepunktene er  $L = 100$  cm. Vi antar i hele denne oppgaven at snoren er masseløs. Når du varmer opp tråden med 200 K (ved å sende en strøm gjennom den), synker loddet en høyde  $H = 5$  cm under linjen mellom festepunktene.

Vi skal først bestemme temperaturutvidelseskoeffisienten ved to ulike modeller: En hvor vi antar at tråden er uelastisk (ikke forlenges om man trekker i den, kun når den varmes opp), og en hvor vi inkluderer at tråden er elastisk.

- (7 poeng) Vi antar først at tråden er uelastisk, slik at den ikke vil strekkes noe når vi henger på loddet. Når vi varmer opp tråden med 200 K vil tråden forlenges i henhold til utvidelseskoeffisienten. Vis at høyden som loddet synker når tråden varmes opp er gitt av  $H = \sqrt{\frac{L\Delta L}{2}}$ , der  $\Delta L$  er forlengelsen av tråden. Du må gjøre noen tilnærminger for å få til dette – vis tydelig hvilke tilnærminger du gjør og forklar hvorfor de er gyldige. Bruk dette til å finne en tallverdi for temperaturutvidelseskoeffisienten  $\alpha$  (Hint: Pytagoras).
- (7 poeng) Vi skal så anta at tråden er elastisk og at den oppfører seg som en fjær som følger Hookes lov slik at den elastiske forlengelsen av tråden  $\Delta L_e$  for en gitt strekkraft  $F$  er gitt av  $F = k\Delta L_e$ . Vis at den termiske utvidelsen av tråden  $\Delta L_t$  i dette tilfellet er gitt av  $\Delta L_t = \frac{2H^2}{L} - \frac{mgL}{4kH}$ . Lengden loddet synker er liten slik at vinklene er små og da er  $\sin(\theta) \approx \tan(\theta)$ .



Figur 2 (Oppgave 3). Skjematisk fremstilling av energioverføringer i en varmemaskin hvor friksjon er inkludert.

### Oppgave 3

Figur 2 viser en modell for en syklisk varmemaskin M hvor friksjon er inkludert. Varmemaskinen virker mellom to varmereservoarer  $T_h$  og  $T_c$ . Virkegassen gjør et arbeid  $W$  men en del av arbeidet,  $W_{\text{fric}}$ , tapes som varme gjennom friksjon i systemet (for eksempel mellom sylindere og stempel i en bilmotor). En fraksjon  $\alpha$  av friksjonsvarmen går tilbake til virkegassen, og den resterende delen  $(1 - \alpha)$  går til varmereservoarene. Indeksene  $h$ , og  $c$  indikerer deler av friksjonsvarmen som overføres når systemet er i kontakt med henholdsvis det varme og kalde reservoaret.

a) (6 poeng) Forklar hvorfor en naturlig definisjon av virkningsgraden  $\eta$  for dette systemet er

$$\eta = \frac{W - W_{\text{fric}}}{Q_{\text{exch},h} - (1 - \alpha_h)W_{\text{fric},h}}$$

b) (7 poeng) Den totale varmen inn og ut av reservoarene er gitt av henholdsvis  $Q_{0,h} = Q_{\text{exch},h} - (1 - \alpha_h)W_{\text{fric},h}$  for det varme reservoaret og  $Q_{0,c} = Q_{\text{exch},c} + (1 - \alpha_c)W_{\text{fric},c}$  for det kalde reservoaret. Vis at virkningsgraden også kan skrives som (Hint: Termodynamikkens 1. lov)

$$\eta = 1 - \frac{Q_{0,c}}{Q_{0,h}}$$

c) (7 poeng) Vis at den totale endringen i entropi for universet (system og reservoar) gjennom en syklus kan skrives

$$\Delta S = (\eta_{\text{carnot}} - \eta) \frac{Q_{0,h}}{T_c}$$

Virkningsgraden for en Carnot-maskin er  $\eta_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ . Endring i entropi er definert som  $\Delta S = \frac{Q}{T}$ . (Hint: Husk hva en syklisk prosess innebærer for endring i entropi til systemet gjennom en hel syklus)

d) (6 poeng) Anta at varmemaskinen gjennomgår en Stirling-prosess som består av en isoterm kompresjon, en isokor oppvarming, en isoterm ekspansjon og en isokor nedkjøling. Lag en skisse av denne prosessen i et pV-diagram. La det minste volumet være  $V_0$  og det største  $rV_0$  ( $r$  gir kompresjonsforholdet).

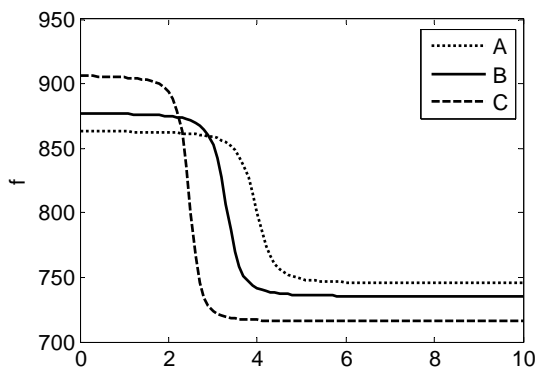
e) (7 poeng) Finn et uttrykk for arbeidet som blir gjort av gassen langs den isoterme prosessen ved høyest temperatur, uttrykt ved  $n$  (antall mol i gassen),  $R$  (gasskonstanten), temperaturen  $T_h$  og kompresjonsforholdet  $r$ . Anta en ideell virkegass.

## DEL II – Flervalgsoppgaver

Sett kun ett kryss. 4 poeng for hvert riktig svar. 0 poeng for feil svar.

### Oppgave 1

En person måler frekvensen til lyden fra sirenen på tre ambulanser som passerer langs en vei (Anta ambulansene har samme sirene og at de sender ut en lyd med konstant frekvens). Han gjør målingene som vist i figur 3 (målt frekvens langs y-aksen og tid langs x-aksen). Hvilken av ambulansene kjører raskest?

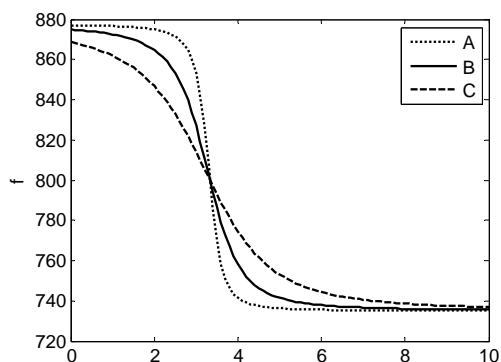


Figur 3

- A. A
- B. B
- C. C
- D. Umulig å bestemme.
- E. Hallo! Alle ambulanser har cruise control og kjører alltid like fort.

### Oppgave 2

Tre personer måler frekvensen til lyden fra en sirene på en ambulanse som passerer langs en vei (Anta sirenen sender ut en lyd med konstant frekvens). De måler kurvene som er vist i figur 4. Hvilken av personene står nærmest veien der ambulansen passerer?



Figur 4

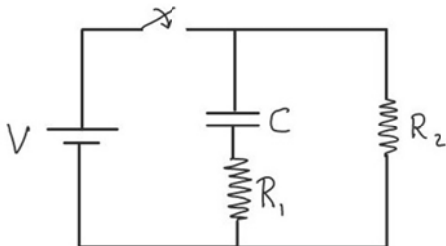
- A. A.
- B. B.
- C. C.
- D. Umulig å bestemme.
- E. De er like langt unna.

### Oppgave 3

I hvilken av følgende posisjoner er det elektriske feltet sterkest?

- A. 1 m fra en punktladning på 1 C.
- B. 1 m fra sentrum på et sfærisk skall med en radius på 0,5 m og med uniform ladning 1 C.
- C. 1 m fra midtpunktet på en 1 m lang stav med uniform ladningsfordeling på 1 C.
- D. 2 m fra en punktladning på 2 C.
- E. 0,5 m fra en punktladning på 0,5 C.

### Oppgave 4



Figur 5 (Oppgave 4)

En lyspære kan modelleres som en motstand hvor lysstyrken øker proporsjonalt med strømmen gjennom den.  $R_1$  i figur 5 er en lyspære. Det er ingen ladning på kondensatoren når bryteren lukkes (kretsen sluttes). Hvilket av følgende utsagn er sant om hva som skjer etter at bryteren lukkes?

- A. Spenningen over kondensatoren øker, lysstyrken minker
- B. Spenningen over kondensatoren er konstant, lysstyrken er konstant
- C. Spenningen over kondensatoren øker, lysstyrken øker
- D. Spenningen over kondensatoren er konstant, lysstyrken minker
- E. Spenningen over kondensatoren er konstant, lysstyrken øker

### Oppgave 5

På jorden er det  $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$  havvann som dekker et areal på  $3,6 \cdot 10^8 \text{ km}^2$ . Bulk termisk ekspansjonskoeffisient for vann er  $\gamma = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  (anta konstant for gjeldende temperaturintervall). Hvor mye vil havet stige dersom temperaturen steg med 5,0 grader (anta at havarealet forblir konstant)?

- A. 1,4 m
- B. 2,2 m
- C. 3,9 m
- D. 4,8 m
- E. 5,5 m

### Oppgave 6

En pikkolofløyte består av et metallrør som er åpent i begge ender (og diverse åpninger for å blåse i og endre tonehøyden). Lengden på fløyten er 32 cm. Hva er den laveste mulige frekvensen til en stående bølge som kan dannes i fløyten (Anta at lydshastigheten er 340 m/s)?

- A. 531 Hz
- B. 267 Hz
- C. 1062 Hz
- D. 333 Hz
- E. 222 Hz

## Oppgave 7

Den høyeste frekvensen som kan spilles på en pikkolofløyte er 4000 Hz. Hva må da avstanden mellom hullene i fløyten være (Anta at det ved hullene dannes trykk-antinoder)?

- A. 1,1 cm
- B. 4,3 cm
- C. 8,6 cm
- D. 9,0 cm
- E. 15,0 cm

## Oppgave 8

En kloss med masse 1 kg er festet mellom to springfjærer med lik fjærkonstant på  $k = 2 \text{ N/m}$ . Fjærene er like lange og er festet til hver sin vegg på hver side av klossen. Om vi drar klossen litt til siden og slipper den, med hvilken frekvens vil den oscillere?

- A.  $1/\pi \text{ Hz}$ .
- B.  $\pi \text{ Hz}$ .
- C.  $2\pi \text{ Hz}$ .
- D.  $\pi/2 \text{ Hz}$ .
- E.  $2/\pi \text{ Hz}$ .

## Formler og konstanter

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = -kx$$

$$pV = nRT$$

$$W = \int p dV$$

$$v = f\lambda$$

$$\Delta L = \alpha \Delta T L_0$$

$$\Delta V = \gamma \Delta T V_0$$

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

**Kandidatnummer:**

**Fagkode:**

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					