

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Kontakt under eksamen:
Eivind Hiis Hauge
Telefon: 73 59 36 51 / 90 85 01 31

EKSAMEN TFY4115 FYSIKK
for studenter ved Elektronikk og Kybernetikk
7.desember 2006 kl. 0900 - 1300
Bokmål

Hjelpemiddel: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling
- Godkjent kalkulator, med tomt minne

Side 2 - 4: 16 spørsmål.
Vedlegg: 12 sider formler.

Eksamenssettet består av seks korte, innledende spørsmål og to større oppgaver med fem underspørsmål i hver oppgave. Der begrunnelser er naturlig, gi **korte** begrunnelser for svarene.

Svar først på de spørsmålene som er lettest for *deg*. Mange spørsmål kan besvares helt eller delvis, selv om du ikke har svart på alle de foregående.

I utgangspunktet teller hvert av de 16 spørsmålene likt, dvs 5% av totalen, med midtsemesterprøvens totalvekt satt til 20% .

Oppgavesettet er utarbeidet av Eivind Hiis Hauge og er sett gjennom av Johan Skule Høye.

Sensuren kan ventes ca. 1. januar.

6 KORTE SPØRSMÅL

1. Dersom to "sluknete" satellitter kolliderer i verdensrommet, hvilke av de følgende størrelsene er konserverert:

- Satellittenes totale kinetiske energi?
- Satellittenes totale bevegelsesmengde?
- Satellittenes totale spinn relativt jordas sentrum?

2. Når du forgjeves dytter med kraften 500N på en ubevegelig kasse med massen 100kg, og den statiske og kinetiske friksjonskoeffisienten mot underlaget er henholdsvis $\mu_s = 0.6$ og $\mu_k = 0.4$, hvor stor er da friksjonskraften på kassen fra underlaget?

3. En kule med masse M og radius R ruller nedover et underlag som danner vinkelen θ med horisontalplanet. Hva er dreiemomentet på kula relativt kulas berøringspunkt med underlaget?

4. Hvorfor er varmekapasiteten ved konstant trykk større enn varmekapasiteten ved konstant volum? Er forskjellen betydelig for gasser, væsker eller faste stoff?

5. To kobberklosser med samme varmekapasitet har i utgangspunktet de absolutte temperaturene T_1 og T_2 . De bringes så i kontakt med hverandre og temperaturene utjevnes av seg selv. Under prosessen er klossene varmeisolert fra omgivelsene. Hvilke av følgende størrelser er konserverert under prosessen:

- Klossenes totale indre energi?
- Produktet $T_1 \cdot T_2$?
- Klossenes totale entropi?

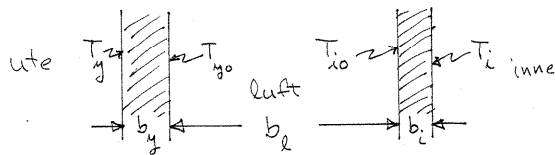
6. Et mekanisk svingende system med dempning adlyder differensialligningen

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0.$$

Hvilke analogier eksisterer mellom konstantene i denne ligningen på den ene siden, og motstand, kapasitans og induktans, koplet i serie i en elektrisk svingekrets, på den annen?

OPPGAVE A

En vegg består av innerpanel med tykkelse b_i og ytterpanel med tykkelse b_y (vi ser bort fra reisverket her). Luftgapet mellom innervegg og yttervegg har bredden b_l , se figuren.



Temperaturene på inn- og utsiden av innerveggen er T_i og T_{i0} . Temperaturene på ut- og innsiden av ytterveggen er T_y og T_{y0} . I første omgang neglisjerer vi konveksjonseffekter.

7. Vis hvordan analogien til en seriekopling av elektriske motstander kan brukes til å skrive ned varmestrømtettheten j_l som skyldes stasjonær varmeledning:

$$j_l = \frac{T_i - T_y}{\frac{b_i}{\kappa_i} + \frac{b_l}{\kappa_l} + \frac{b_y}{\kappa_y}},$$

der $\kappa_i = 0.14 \text{ W/(mK)}$ og $\kappa_l = 0.024 \text{ W/(mK)}$ er varmeledningsevnene til tre og luft. Sett inn $b_i = 2.0 \text{ cm}$, $b_l = 12 \text{ cm}$, $b_y = 2.5 \text{ cm}$, og beregn j_l når $T_i = 293 \text{ K}$ og $T_y = 273 \text{ K}$.

8. Uttrykk T_{i0} og T_{y0} ved størrelsene gitt ovenfor. (Hint: Bruk analogien til elektrisk strøm gjennom en motstand, $I = U/R$.)

Vi vil nå danne oss et bilde av den relative betydning av stråling og varmeledning i veggens luftgap. Netto energistrømtetthet pga stråling i luftgapet mellom de to treflatene med emisjonskoeffisient $e = 0.8$ er gitt som

$$j_s = \frac{e}{2 - e} \sigma (T_{i0}^4 - T_{y0}^4),$$

der $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$ er Stefan-Boltzmanns konstant. Dersom temperaturdifferansen ikke er for stor, kan vi forenkle uttrykket ovenfor ved å skrive,

$$T_{i0}^4 - T_{y0}^4 \approx 4T^3(T_{i0} - T_{y0})$$

der T er en temperatur mellom T_{i0} og T_{y0} som vi her kan velge som $T = (1/2)(T_i + T_y)$. Med denne tilnærmelsen blir j_s , i likhet med j_l , proporsjonal med $(T_{i0} - T_{y0})$, og de to bidragene til varmestrømmen kan da sammenlignes direkte.

9. Med den gitte tilnærmelsen, skriv ned uttrykket for j_s/j_l . Hvordan avhenger dette forholdet av b_l ? Beregn forholdet numerisk med de oppgitte verdier for størrelsene som inngår.

10. Gi en kort og kvalitativ beskrivelse av hvordan konveksjonseffekter modifierer bildet basert på varmeledning og stråling alene.

11. Varmeledningsevnen til mineralull er $\kappa_u = 0.047 \text{ W/(mK)}$. Hvorfor er det likevel en fordel å fylle luftgapet med mineralull? Hvorfor bruker vi diffusjonstett papp i norske veggkonstruksjoner, og på hvilken side av mineralullen skal den plasseres? Svar kort.

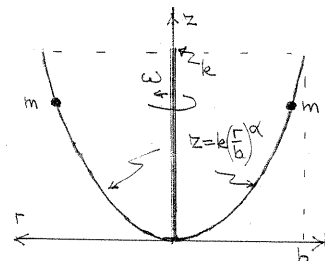
OPPGAVE B

12. Hvilken sentripetalkraft (størrelse og retning) trengs for å holde et legeme med masse m i en sirkelbane med radius r og med vinkelhastighet ω ?

Et smalt rør er tredd ned på en vertikal omdreiningssakse. På røret er det sveiset en symmetrisk, toarmet bøyle med formen

$$z = k(r/b)^\alpha$$

der $\alpha > 1$. Bøylen avsluttes åpent ved $r = r_m = b$, og $z = z_m = k$. To gjennomhullede kuler, med masse m , er tredd ned på hver sin arm av bøylen, og kan gli langs bøylearmene med neglisjerbar friksjon. Når bøylen står i ro, ligger kulene an mot røret, i avstand r_0 fra omdreiningssaksen. Massene til sylinder og bøyle er neglisjerbare relativt kulenes masse. Se figuren.



13. Vis at når bøylen roterer, er sammenhengen mellom ω og r i kulenes dynamiske likevektsposisjoner av formen

$$\omega^2 = Cr^{\alpha-2}.$$

Finn konstanten C uttrykt ved tyngdens akselerasjon og systemets parametre. Hva er den maksimale verdi, ω_m , vinkelhastigheten kan ha før kulene hopper av bøylen?

Bøylen, med kulene påtredd ved $r = b = r_m$, settes i gang ved $t = 0$ med en vinkelhastighet like i underkant av ω_m . Med smøring mellom sylinder og omdreiningssakse gir friksjonen likevel et lite dreiemoment på det roterende system av formen $\tau = -\eta\omega$, der η er en konstant. Vi ser bort fra luftmotstanden.

14. Vis at bevegelsesligningen for det roterende systemet da er

$$2mr^2 \frac{d\omega}{dt} + 2m\omega \frac{dr^2}{dt} = -\eta\omega,$$

der $r_0 < r(t) < r_m$.

15. Svar først ut fra rent fysiske betraktninger: Vil $r(t)$ som funksjon av t avta eller vokse når friksjonen virker på bevegelsen? Vis så med utgangspunkt i relasjonen i pkt.13 og bevegelsesligningen i pkt.14 at $r(t)$ har formen

$$r^2(t) = r_m^2 - Kt \quad ; \quad r_0 < r(t) < r_m,$$

og bestem konstanten K som funksjon av systemets parametre.

16. Bestem så funksjonen $\omega(t)$ for tidsintervallet $0 < t < t_0$, der $r(t_0) = r_0$, for de to tilfellene $\alpha = 4$ og $\alpha = 3/2$. Skisser $\omega(t)$ for hvert av de to tilfellene.