NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Martin Grønsleth, tlf. 41304660

EKSAMEN I EMNE TFY4115 FYSIKK

Fredag 9. desember, 2005

09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler :	K.Rottman, Matematisk formelsamling
	Godkjent kalkulator
Vekttall :	2.5
Språkform :	Bokmål
Antall sider :	14
Sensurdato :	Innen 31. desember

- Oppgave settet inneholder 3 oppgaver, med i alt 12 deloppgaver. Hver deloppgave teller likt ved sensur.
- Bak oppgave settet finner du et vedlegg på 10 (ti) sider med formler det kan, men ikke nødvendigvis vil, bli bruk for. Kandidaten må selv tolke symbolene i oppgitte formler.
- Les hver oppgave nøye!

Oppgave 1

Et legeme som enten kan være en homogen massiv sylinder, hul sylinder, eller massiv kule med total masse M og radius R, roterer om sitt massesenter med vinkelhastighet ω_0. Legemets treghetsmoment for den aktuelle dreiningen om sitt massesenter er $I_c = \alpha M R^2$, der $\alpha = 2/5, 1/2, 1$ for henholdsvis massiv kule, massiv sylinder, og hul sylinder. Det roterende legemet settes forsiktig ned på et horisontalt underlag, og beveger seg deretter mot høyre. Til å begynne med både ruller og glir legemet (spinner), men etter en tid har friksjonen mot underlaget medført at det har gått over til en ren rullende bevegelse.

a) La origo O være legemets første berøringspunkt med underlaget. Hva er legemets spinn L_0 om O like før det berører underlaget?

b)Bruk loven om bevarelse av spinn til å vise at legemets vinkelhastighet ω_1 når legemet har gått over til ren rullende bevegelse, er gitt ved

$$\omega_1 = \frac{\alpha}{1+\alpha}\,\omega_0.$$

c) Finn hvor langt legemet har beveget seg før det har gått over til ren rullende bevegelse. Friksjonskoeffisienten mellom legemet og underlaget er μ. Uttrykk svaret ved tyngdens aksellerasjon g, samt μ, R, ω_0, og α.

d) Hva er forandringen i legemets totale energi over denne avstanden? Uttrykk svaret ved hjelp av M, R, ω_0, α. Forklar også hvorfor denne er forskjellig fra produktet av friksjonskraften og veilengden som vi fant under punkt c). For hvilket av de tre legemene er denne forskjellen minst?

Oppgave 2

I denne oppgaven skal vi se på en spesiell varmemaskin, den såkalte Otto-maskinen. Denne maskinen danner det prinsippielle grunnlaget for diesel- og bensinmotorer, og er definert ved følgende sykliske prosess i et (P, V)-diagram: Vi starter med et høyt trykk og lite volum (P_a, V_a, T_a) og ekspanderer arbeidssubstansen adiabatisk til et trykk (P_b, V_b, T_b), deretter kjøles systemet ned ved en isochor prosess til (P_c, V_c, T_c), deretter utføres en adiabatisk kompresjon til (P_d, V_d, T_d), og endelig varmes systemet opp ved en isochor prosess tilbake til utgangspunktet (P_a, V_a, T_a).

a) Forklar begrepene isoterm, isochor, isobar, og adiabatisk prosess. Tegn opp den sykliske prosessen beskrevet over i et (P, V)-diagram, og angi relasjonene mellom volumene (V_a, V_b, V_c, V_d).

b) Bruk termodynamikken første lov

$$dQ = dU + P\,dV,$$

til å beregne tilført varme Q_h og avgitt varme Q_c i prosessen. Bruk at varmekapasiteten ved konstant volum er C_V og at varmekapasiteten ved konstant trykk er $C_P = C_V + Nk_B$, der N er antall partikler i systemet, og $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$ er Boltzmann's konstant. NB!! Vær nøye med fortegnene på svarene!

c) Vi antar at arbeidssubstansen er en ideell gass, slik at $PV = Nk_BT$, der T er absolutt temperatur. Bruk termodynamikkens forste lov til å vise at vi har

$$\begin{aligned} T_a V_a^{\gamma-1} &= T_b V_b^{\gamma-1}, \\ T_c V_c^{\gamma-1} &= T_d V_d^{\gamma-1}, \end{aligned}$$

der $\gamma = C_P/C_V$.

d) Beregn arbeidsmaskinens virkningsgrad

$$\varepsilon = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h},$$

uttrykt ved hjelp av kompresjonsforholdet $r = V_c/V_d$ og γ. Vi antar så at C_V er større for en to-atomig gass enn for en en-atomig gass. Vil virkningsgraden ε bli større eller mindre dersom vi endrer arbeidssubstansen i maskinen fra en to-atomig til en en-atomig gass? Svaret skal begrunnes.

Oppgave 3

En kloss med masse m beveger seg med friksjon på et plant underlag. Klossen er festet i en vegg via en fjær med stivhet k. Når klossen ligger i ro i likevekt har den en avstand X_0 fra veggen, og avviket fra likevekts posisjonen kaller vi $x(t)$, der t er tiden. Newton's 2. lov for svinge-bevegelsen rundt likevekt er gitt ved

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -k\ x - b\ \frac{dx}{dt},$$

der hastighets-leddet på høyre side kommer fra friksjonen mot underlaget, og b er en positiv dimensjonsbeheftet konstant. Løsningen av denne svingeligningen er gitt på formen

$$x(t) = A\ e^{-\gamma\ t}\ \cos(\omega\ t + \theta).$$

Ved tiden $t = 0$ har vi initialbetingelsene $x = 0$ og $dx/dt = V_0$. NB!! Vi forutsetter at initialbetingelsene og parametrene i problemet er slik at klossen ikke berører veggen.

a) Finn A og θ uttrykt ved rent numeriske konstanter, og eventuelt ω, V_0, og γ.

b) Finn, ved innsetting av $x(t)$ i bevegelsesligningen, uttrykk for konstantene γ og ω uttrykt ved k, m, b.

c) Finn et uttrykk for *det maximale* utslaget fra likevekt dette systemet har etter at det er satt igang, uttrykt ved V_0, k, m, b. Hva skjer med dette maximale utslaget når massen m økes ved fiksert starthastighet V_0? (Du kan enten finne svaret fra uttrykket du blir bedt om å finne i punkt c), eller argumentere kvalitativt uten detaljert regning).

d) Finn den minste verdien av b som gjør at systemet ikke passerer likevektsposisjonen igjen etter å ha blitt satt igang med initialbetingelsene over, uttrykt ved k, m, og gi uttrykket for $x(t)$ i dette tilfellet. Skisser $x(t)$ som funksjon av t. (Hint: $\lim_{\omega\to 0}\frac{\sin(\omega t)}{\omega} = t$.)