NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE
UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

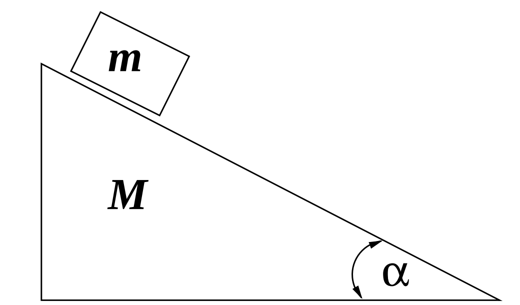
Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Kåre Olaussen
Telefon: 9 36 52

Kontinuasjonseksamen i fag SIF4004 FYSIKK for ELEKTROTEKNIKK OG TELEKOMMUNIKASJON
Fredag 13. august 1999
Tid: 09:00—15:00

Tillatte hjelpemidler: (Alternativ B): Godkjent lommekalkulator.
K. Rottman: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver).
O.H. Jahren og K.J. Knudsen: Formelsamling i matematikk.

Dette eksamenssettet er på 2 sider pluss et generelt vedlegg på 1 side.

Oppgave 1:



Figuren til høyre illustrerer en firkantet kloss med masse m oppå en trekantet kloss med masse M som står på et horisontalt underlag. Den statiske og dynamiske friksjonskoeffisienten mellom klossene m og M, og mellom klossen M og underlaget, antas like store lik μ.

a) Tegn kvalitativt korrekte figurer som viser alle kreftene som virker på klossen m, og alle kreftene som virker på klossen M.

b) Hva er den største verdien som vinkelen α kan ha før klossen m begynner å skli?

c) Anta at $\alpha = \frac{\pi}{4}$ (dvs. 45°), og $\mu = \frac{1}{8}$. Hva er den største verdien som masseforholdet m/M kan ha før klossen M begynner å skli?

d) Klossen m sklir langs klossen M med en hastighet v_x i horisontal retning og v_y i vertikal retning (regnet som positiv nedover), samtidig som klossen M sklir med en hastighet $-V_x$ i horisontal retning. Finn sammenhengen mellom v_x, v_y, V_x og vinkelen α.

e) Anta herfra at friksjonskoeffisienten $\mu = 0$. Skriv opp uttrykkene for konservert energi og bevegelsesmengde til systemet.

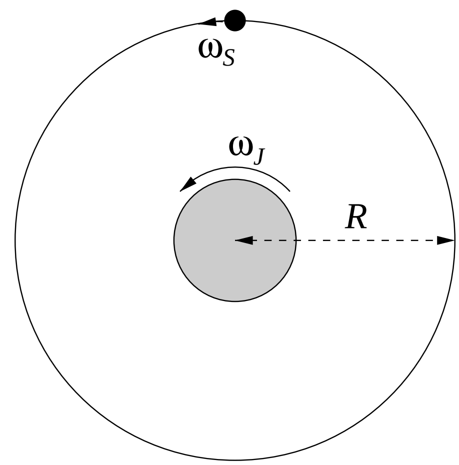
f) Anta at begge klossene er i ro før de slippes løs. Finn hastighetene v_x, v_y og V_x når klossen m har falt en høydeforskjell h (målt vertikalt).

Tips: Hvis du ikke fikk til punkt d) kan du her anta at $\frac{v_y}{v_x} = \tan\alpha$.

g) Hvor lang tid t bruker klossen m på fallet over? Sett inn tallverdier når $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $m = 1$ kg, $M = 2$ kg og $h = 0.5$ m.

Oppgave 2:

I denne oppgaven skal du se på en liten satelitt (så den kan regnes som punktformet) i en sirkulær bane med radius R i ekvatorplanet om jorda.



a) Skriv opp vektorielle utrykk for satelittens posisjon $\vec{r}(t)$, hastighet $\vec{v}(t)$ og akselerasjon $\vec{a}(t)$, når satelitten har en omløpstid T_S målt i et ikke-roterende koordinatsystem.

b) Bestem sammenhengen mellom omløpstiden T_S og baneradien R.

c) Newton's gravitasjonslov og "tyngdens akselerasjon" nær jordas overflate står oppgitt i vedlegget. Bestem jordas masse.

Oppgitt: Jordas radius R_J er gitt ved $2\pi R_J = 40\,000$ km.

d) Jorda roterer med en omløpstid på $T_J = 23$ timer og 56 minutter. Hvilken baneradius R må satelitten ha for at den skal være *geostasjonær*, dvs. stå i fast posisjon i forhold til jordas roterende overflate?

e) Satelitten står over ekvator rett sør for Trondheim (63.5° nordlig bredde) og sender TV–signaler. Hvor høyt (antall grader over horisontalplanet) bør parabolantennen innstilles?

Oppgave 3:

Når vann fryser til is frigjøres en varmemengde på 330 kJ/kg. Denne varmemengden må ledes gjennom den allerede frosne isen til overflaten, der den lett ledes bort pga konveksjon. Varmeledningsevnen til is er 1.7 W/m K, og tettheten til is er 920 kg/m^3.

a) Hvor mye varme Q frigjøres pr. kvadratmeter når isen fryser 1 μm tykkere?

b) Anta at islaget er 1 cm tykt, og at temperaturen på overflaten av isen er -10 °C. Hvor lang tid τ tar det å transportere varmen Q gjennom isen?

c) Anta at isen legger seg den 15. oktober, og at temperaturen på overflaten av isen deretter holder -10 °C. Bestem hvordan tykkelsen på isen øker med tiden t etter dette tidspunktet.

d) Hvor tykk er isen 6.7×10^{-6} sekunder senere (dvs. den 1. januar)?

e) Ved middels bra solskinn i Trondheim kan vi regne med å ha en innstrålt solenergi på 0.5 kW/m^2. Anta at vi har 200 slike soltimer i året. Hvor stort solfanger areal må vi ha for å samle opp tilstrekkelig energi for en husstand (med forbruk 20 000 kWh/år)?

f) For å komme velberget gjennom vinteren må vil lagre halvparten av årsforbruket. Vi gjør dette ved å varme opp vann fra 20° C til 60° C i en meget godt isolert vanntank. Hvor stor må denne tanken være?

Oppgitt: Vann har spesifikk varmekapasitet $c_{\text{vann}} = 4\,180$ J/kg K.

Vedlegg 1:

Newtons 2. lov: $\vec{F} = \frac{d}{dt}\vec{p} = \frac{d}{dt}m\vec{v}$, der $\vec{F}$ kan være en vektorsum av mange enkeltbidrag.
Newtons 3. lov: $\vec{F}_{A\to B} = -\vec{F}_{B\to A}$ (virkning er lik motvirkning).
Kraftmoment (moment of force): $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$, eller mer generelt en sum av slike bidrag.
Spinn (angular momentum): $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$.
Bevegelsesligning for spinn: $\vec{M} = \frac{d}{dt}\vec{L} = \frac{d}{dt}I\vec{\omega}$, med $\vec{\omega}$ vinkelhastigheten.
Treghetsmoment: $I = \int d^3x\, \rho(\vec{x})\, r^2$, med r avstanden til aksen det regnes med hensyn på.
Betingelse for mekanisk likevekt: $\vec{F} = 0$, $\vec{M} = 0$.
Tyngdekraft nær jordas overflate: $\vec{F} = m\vec{g}$, der $g \approx 9.81$ m/s^2 er tyngdens akselerasjon.
Friksjonskraft: $\vec{F}_f = \mu\vec{N}$, der $\vec{N}$ er normalkraften.
Newton's gravitasjonslov: $\vec{F} = -m_1 m_2 G\vec{r}/r^3$, der $G = 6.672\,59 \times 10^{-11}$ m^{3}kg^{-1}s^{-2} er gravitasjonskonstanten.
Fjærkraft: $F = -Kx$.
Sentrifugalkraft: $\vec{F}_s = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$. Corioliskraft: $\vec{F}_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$.

Kinetisk energi: $K_t = \frac{1}{2}m\vec{v}^2$, $K_r = \frac{1}{2}I\vec{\omega}^2$.
Potensiell energi i jorden tyngdefelt: $U = -m\vec{g} \cdot \vec{r}$.
Gravitasjonsenergi: $U = -m_1 m_2 G/r$.
Energi i fjær: $U = \frac{1}{2}Kx^2$.

Ideell gasslov: $pV = NkT$, der $k = 1.380\,658 \times 10^{-23}$ J/K er Boltzmanns konstant.
Den termodynamiske identitet: $dQ = TdS = dU + pdV$.
Entalpi: $H = U + pV$. Helmholtz fri energi: $F = U - TS$. Gibbs fri energi: $G = U + pV - TS$.
Stefan–Boltzmanns lov: $j_Q = \varepsilon\sigma T^4$, der $\sigma = 5.669\,6 \times 10^{-8}$ Wm^{-2}K^{-4}.
Varmeledning: $j_Q = \lambda\frac{dT}{dx}$.