

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

KONTINUASJONSEKSAMEN TFY4115 FYSIKK
for MTEL og MTTK
7.august 2007 kl. 0900 - 1300
Bokmål

Hjelpemiddel C

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

Side 2-4: 5 oppgaver med tilsammen 14 punkt.
Vedlegg: 12 sider formler.

I dette oppgavesettet spørres det etter tallsvar i punktene 1b, 2b, 3b, 4a og 4b. I alle de øvrige spørsmålene har svarene form av bokstavuttrykk eller korte kommentarer/diskusjoner. Alle enkeltpunktene teller i utgangspunktet likt, tilsammen 80% av totalen. De siste 20% er gitt av midtsemesterpøven høsten 2006.

Svar først på de spørsmålene som lettest for **deg!** Mange spørsmål kan besvares, helt eller delvis, uten å ha svart på de foregående.

Opgavesettet er utarbeidet av Eivind Hiis Hauge, og er sett gjennom av Ola Hunderi.

Sensuren kan ventes ca. 20. august.

Oppgave 1

- a. Finn et uttrykk for tallverdien til jordrotasjonens sentrifugalakselerasjon $a_s(\varphi)$ (dvs. for $|a_s|$) på breddegraden φ , når jordas radius er R , og døgnetts lengde T .
- b. Bestem forholdet $|a_s|/g$ i Trondheim, når Trondheims breddegrad er $\varphi = 63.5^\circ$, jordas radius er ca. 6400 km og tyngdens akselerasjon er $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. Kommenter?

Oppgave 2

Svingetiden til en pendel følger av egenfrekvensen $\omega_0 = \sqrt{g/\ell}$ som $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$. Tyngdens akselerasjon i en avstand r fra jordas sentrum kan avledes av Newtons gravitasjonslov, $F = -G \cdot Mm/r^2$, der G er den universelle gravitasjonskonstanten, M er jordas totale masse og m er massen som i avstanden r fra jordas sentrum utsettes for jordas tiltrekning.

a. Bruk dette til å utlede en formel for tyngdens akselerasjon $g(h)$ ved høyden h over havet, når $g(0)$ (typisk $= 9.8 \text{ m/s}^2$) anses kjent. Jordradien settes lik R . (Dersom det forenkler regningene kan vi utnytte at $h \ll R$.)

b. En bestefarklokke (pendelklokke) som viser tida helt presis i midtbyen i Trondheim flyttes til Uglå, 200 m høyere over havet. Bruk resultatet under pkt. a til å beregne hvor mange sekunder pr. døgn klokka da sinker, når jordradien settes lik 6400 km.

Oppgave 3

En varmpumpe bruker elektrisk/mekanisk energi til å trekke varme fra et utendørs reservoar med lav temperatur og leverer varme innendørs (til et resevoar med høy temperatur).

a. Hvordan vil du definere effektfaktoren η (som sier hvor effektiv varmpumpa er ved de gitte forhold) for en slik innretning? La oss optimistisk anta at varmpumpa i rimelig tilnærming kan idealiseres til en Carnot-prosess, hva blir da uttrykket for effektfaktoren?

b. En anerkjent leverandør av luft-til-luft varmpumper oppgir (ved innetemperatur 20°C) effektfaktoren ved forskjellige utetemperaturer som henholdsvis $\eta = \{4.31, 2.99, 2.68, \text{ og } 2.10\}$ ved temperaturene (målt i grader Celsius) $\{+7, 0, -7, \text{ og } -15\}$. Gi en kort vurdering av den reelle effektfaktoren i forhold til (i) avhengighet av utetemperaturen og (ii) absoluttverdi, sammenholdt med resultatene fra den idealiserte Carnotprosessen. Identifiser én eller flere sentrale forutsetninger for Carnot-resultatet som er urealistiske i forhold til kommersielle varmpumper.

Oppgave 4

a. Solas radius R_s er ca. $7.0 \cdot 10^5$ km, og avstanden A til jorda er ca. $1.5 \cdot 10^8$ km. Overflatetemperaturen på sola, T_s , er ca. 5800 K, og sola kan regnes som et absolutt svart legeme ($a = e = 1$). Bruk Stefan-Boltzmanns strålingslov til å utlede en formel for tilført effekt pr. m^2 (til en flate vinkelrett på strålingen) til jorda fra sola. Sett dernest inn de oppgitte cirka-tallene og beregn et tilnærmet uttrykk for innstrålt effekt pr. m^2 .

Det totale arealet som absorberer solstrålene er πR_j^2 , der R_j er jordradien (jorda projisert på et plan vinkelrett på solstrålene). Jorda selv emitterer på den annen side stråling fra *hele* sin overflate, $4\pi R_j^2$. Vi gjør nå den grove forenklingen at vi antar at hele jordoverflata, natt som dag, har en felles temperatur, T_j , og at jorda kan regnes som et absolutt svart legeme. (Avvikene fra dette, spesielt refleksjon og absorpsjon i atmosfæren, virkninger av CO_2 etc., er det fysiske utgangspunkt for dagens klimadebatt.) Anta videre at effekten som jorda stråler ut til verdensrommet (i middel) balanserer innstrålt effekt fra sola.

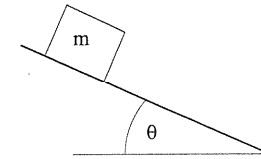
b. Bruk disse forenklende antakelsene til å vise at jordas overflatetemperatur kan skrives som $T_j = f(R_s, A)T_s$ og bestem funksjonen $f(R_s, A)$. Hvilken verdi for T_j gir denne (grovt forenklede) modellen? Kommenter?

Entropien tilført et system er gitt ved differensialuttrykket $dS = dQ/T$. Når dette anvendes på jordas strålingsutveksling med verdensrommet, vil tilført strålingenergi fra sola være karakterisert ved solas overflatetemperatur, mens avgitt strålingsenergi fra jorda vil være karakterisert ved jordas overflatetemperatur.

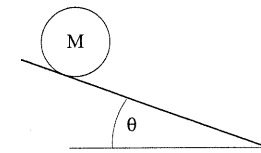
c. Diskuter kort og kvalitativt hvorvidt jordas energibalanse har et motstykke i en tilsvarende entropibalanse.

Oppgave 5

I denne oppgaven antar vi at den kinetiske friksjonskoeffisienten er tilnærmet lik den statiske, med andre ord at $\mu_s \approx \mu_k = \mu$. Tyngdens akselerasjon er g .



a. En kubisk kloss med masse m sklir nedover et skråplan med helning θ i forhold til horisontalplanet (se figuren). Friksjonskoeffisienten mellom kloss og skråplan er μ . Bruk Newtons 2. lov til å finne et uttrykk for klossens akselerasjon a langs skråplanet. Hva er den minimale helning, θ_{\min} , som må til for at klossen skal skli?



b. Et legeme (sylinder eller kule) med masse M og radius R ruller nedover samme skråplan (se figuren). Friksjonskraften på legemet i kontaktpunktet med skråplanet er rettet tangensielt til skråplanet, og har tallverdien f . Skriv ned Newtons 2. lov for tyngdepunktets akselerasjon a for dette tilfellet. Skriv også ned det som tilsvarende Newtons 2. lov for vinkelakselerasjonen $\alpha = \dot{\omega}$ i denne sammenhengen.

c. Skriv treghetsmomentet om rotasjonsaksen som $I_0 = \beta MR^2$, der $\beta = 1$ for et sylinderskall, $\beta = 1/2$ for en homogen sylinder og $\beta = 2/5$ for en homogen kule. Bruk rullebetingelsen og de to ligningene funnet i punkt b. til å finne de to ukjente, a og f , uttrykt ved g , θ og β .

d. Formuler betingelsen for at legemet skal rulle uten å skli. Når θ øker, hvilken type legeme vil først begynne å skli, sylinderskallet, den homogene sylinderen eller den homogene kula? Forsøk først å resonnerer direkte, og vis deretter at eksplisitte regninger gir samme konklusjon.

I det siste punktet forutsetter vi at rullebetingelsen er oppfylt.

e. Klossen på den ene siden og det rullende legemet på den andre starter i ro med tyngdepunktet i posisjonen $s = 0$, regnet langs skråplanet. Når klossen, henholdsvis det rullende legemet, har beveget seg til posisjonen $s = L$ langs skråplanet, hva er da uttrykket for den *totale* bevegelsesenergien i de to tilfellene? Uttrykk tyngdepunktets hastighet v ved L og de øvrige størrelsene som inngår.