NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

[bokmål]

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Helge Redvald Skullerud
Tlf: 73593625

EKSAMEN I FAG SIF 4002 FYSIKK

Mandag 7. mai 2001
Tid: 0900-1500
Sensur: Uke 22

Hjelpemidler:
B2 - Godkjent lommekalkulator
Rottmann/Matematisk formelsamling

Det er gitt 5 oppgaver, delt opp i tilsammen 8 deloppgaver.

Ved sensuren vil de 2 deloppgavene som gis dårligst karakter, ikke telle med. Man kan eventuelt selv velge ikke å besvare inntil 2 av deloppgavene.

De gjenstående 6 deloppgaver tillegges lik vekt.

VEDLEGG: Oppgavetekst

NOREGS TEKNISK-
NATURVITSKAPLEGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK [nynorsk]

Fagleg kontakt under eksamen:
Navn: Helge Redvald Skullerud
Tlf: 73593625

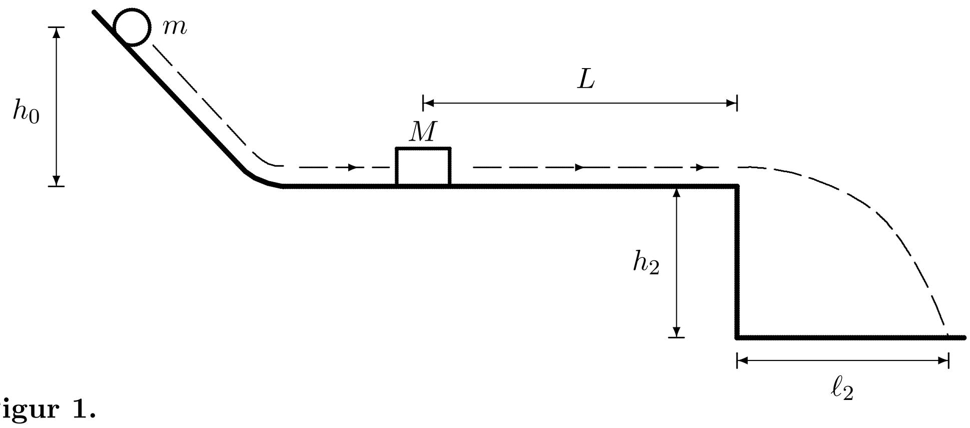
EKSAMEN I FAG SIF 4035 Fysikk 1
Måndag 7. mai 2001
Tid: 0900-1500
Sensur: Veke 22

Hjelpemiddel:
B2 - Godkjend lommekalkulator
Rottmann/Matematisk formelsamling

Det er gjeve 5 oppgåver, delt opp i tilsaman 8 deloppgåver.
Ved sensuren vil dei 2 deloppgåvene som blir gjeve dårlegast karakter, ikkje telje med. Ein kan eventuelt sjølv velgje ikkje å svara på inntil 2 av deloppgåvene.
Dei gjenståande 6 deloppgåvene blir tillagde lik vekt.

VEDLEGG: Oppgåvetekst

Oppgave 1



Figur 1.

Et massivt hjul med masse m, radius r og treghetsmoment $I = m\,r^2/2$ slippes, med null hastighet, en høyde h_0 oppe i en 'rullebane'.

Hjulet når foten av rullebanen med en fart v_0, og ruller så (tapsfritt) bortover et horisontalt bord, til det treffer en kloss med masse $M = (2/3)m$ 'midt på'.

Etter støtet, som vi antar perfekt elastisk, har klossen en fart V_1 (og 'midt på-treffet' gir at den ikke har noen rotasjon i tillegg).

Klossen glir så langs bordflaten, bremses av friksjon, og når bordkanten med en fart V_2 etter å ha beveget seg en lengde L.

Den treffer tilslutt gulvet, en høyde h_2 lavere, i en horisontal avstand ℓ_2 fra bordkanten.

Tyngdens akselerasjon er g, og friksjonskoeffisienten bord-kloss er μ.

Kule og kloss kan antas små i utstrekning - det vil si kuleradien er liten i forhold til h_0 og lengden av klossen er liten i forhold til L.

Sluttspørsmålet i denne oppgaven er 'Hva blir ℓ_2?' – og vi skal komme fram til svaret på dette via en serie av spesifiserte delspørsmål.

a.

Skriv først ned sammenhengen mellom hjulets vinkelhastighet om hjulaksen, ω, og den lineære hastigheten v til hjulets tyngdepunkt.

Bruk så ligning for energibevarelse til å finne uttrykk for farten til hjulet ved foten av rullebanen, v_0.

Og bruk så ligninger både for impuls- og energibevarelse i støtet til å finne uttrykk for klossens hastighet etter støtet, V_1. (Du må eliminere hjulets hastighet etter støtet, v_1, fra ligningene – dette gjøres lettest ved å sette inn $v_1 = v_1(V_1, v_0)$ fra impulsbevarelsesligningen i energibevarelsesligningen.)
Hvis både du og faglærer har regnet riktig, skal du ha funnet $V_1 = \sqrt{3gh_0}$.

b.

Klossen har rett etter støtet fart V_1, og beveger seg i retning bordkanten.

Skriv ned uttrykk for friksjonskraften bord-kloss, F_f, og for friksjonsarbeidet som utføres over lengden L.

Bruk så dette til å finne uttrykk for farten til klossen ved bordkanten, V_2.

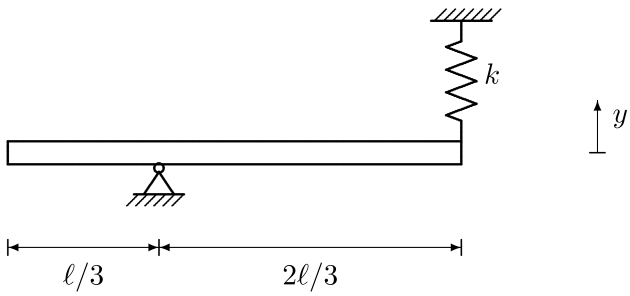
Og følg så salig Galilei – og finn uttrykk for lengden ℓ_2.

Sett tilslutt inn tallverdier: $g = 9.8\,m/s^2$, $h_0 = 0.5\,m$, $\mu = 0.3$ og $h_2 = L = 1\,m$, og finn ℓ_2 numerisk.

OPPGITT:

W_{trans}	$=$	$m\,v^2/2$	Translasjonsenergi
W_{rot}	$=$	$I\,\omega^2/2$	Rotasjonsenergi

<u>Oppgave 2</u>



Figur 2.

En bjelke med masse m og lengde ℓ er opplagret i et punkt $\ell/3$ fra den ene enden, og hengt opp i en fjær med fjærkonstant k i den andre enden.

Bjelken kan rotere fritt om en akse 'loddrett på papirplanet' gjennom opplagringspunktet.

I likevekt er bjelken horisontal.

Bjelketykkelsen kan neglisjeres i forhold til bjelkelengden ℓ.

a.

Hvis bjelkeenden trekkes litt ut fra likevektsposisjon og så slippes, vil bjelken komme i harmoniske svingninger.

La bjelkens treghetsmoment om rotasjonsaksen være I og høyre bjelkeendes vertikale avvik fra likevektsposisjon y.

Vis – ved bruk av 'dreiemomentligningen' $\tau = I \mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t$, supplert med en sammenheng (som du selv må finne) mellom y og utslagsvinkel θ for små θ – at bjelkens bevegelser oppfyller en svingeligning

$$\ddot{y} + (2\ell/3)^2 \cdot (k/I)\, y = 0$$

b.

Finn et uttrykk for bjelkens treghetsmoment, $I = I(m, \ell)$.

Bruk så dette til å finne et uttrykk for perioden til svingningene, $T = T(m, \ell, k)$.

Anta tilslutt $m = 40\,kg$ og $\ell = 3\,m$, og bestem hvordan $k\,[N/m]$ må velges om perioden skal bli $T = 2\,s$.

Oppgave 3

Definer størrelsene 'strekkelastisitetsmodul' (E) og 'volumelastisitetsmodul' (B).

Når en stav strekkes i én retning, vil den samtidig krympe i retningene loddrett på strekkretningen. Med strekk i eksempelvis x-retning, kan dette uttrykkes ved relasjonene

$$\Delta y/y = \Delta z/z = -\sigma\,\Delta x/x$$

hvor σ er 'Poissons tall'.

For jern (Fe) er $E \approx 200\,GPa$ og $\sigma \approx 0.3$.

Finn først et uttrykk for volumelastitetsmodulen av form $B = B(E, \sigma)$, og bruk dette til å finne B_{Fe} numerisk. (Hvis du har gjort det riktig, skal du finne B litt, men ikke så veldig mye, mindre enn E.)

Oppgave 4

a.

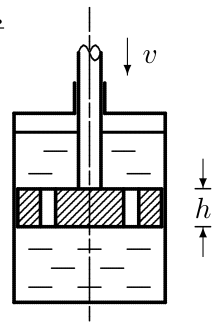
Forklar – gjerne illustrert med skisse av et 'definisjonseksperiment' – hva som forståes med begrepet 'viskositet'.

Poiseuilles formel for viskøs rørstrømning sier at væskestrømmen $Q\,[m^3/s]$ er gitt av viskositeten til væsken, $\eta\,[Pa \cdot s]$, rørradien R og trykkfallet pr. lengdeenhet $\mathrm{d}p/\mathrm{d}x$, ved et uttrykk av form

$$Q \propto (R^4/\eta)\,\mathrm{d}p/\mathrm{d}x$$

Vis ved bruk av dimensjonsanalyse at uttrykket må bli av denne formen.

b.



Figur 3.

En støtdemper består av et stempel som kan beveges opp og ned i en oljefylt sylinder.

Når stempelet beveges, strømmer olje gjennom 4 rørformete hull i stempelet, og væskefriksjonen i denne strømningen demper stempelbevegelsen.

Stempel og sylinder har diameter D, hullene i stempelet har diameter d og lengde h, og viskositeten til oljen er η.

Finn først uttrykk for oljestrømmen $Q_{tot} = Q_{tot}(v, D)$ som presses gjennom de 4 hullene, når stempelet beveger seg med hastighet v.

Bruk så Poiseuilles formel (for oljestrømmen gjennom hvert hull) til å finne uttrykk for trykkfallet over stempelet, Δp, og den tilsvarende kraften på stempelet, $F = A\Delta p$. A er her stempelarealet.

Kraften F skal kunne skrives på formen $F = -bv$.

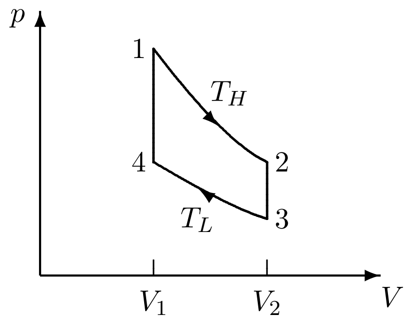
Skriv ned uttrykk for 'kraftkonstanten' b.

Bestem så tilslutt b numerisk når $D = h = 50\,mm$, $d = 7\,mm$ og $\eta = 0.2\,Pa \cdot s$.

OPPGITT:

$$Q = (\pi/8)(R^4/\eta)\,\mathrm{d}p/\mathrm{d}x \quad \text{Poiseuilles formel}$$

Oppgave 5



Figur 4 viser pV-diagram for en Stirlingprosess.[1] Delprosessene 1-2 og 3-4 er isoterme, og 2-3 og 4-1 er isokore (V = konstant).

Figur 4.

Anta at n mol av en énatomig, idéell gass gjennomløper en Stirlingprosess som illustrert i figur 4, mellom varmereservoarer med temperaturer T_H og T_L, og med minste og største volumer V_1 og V_2.

Finn først uttrykk for varmemengde tilført gassen (med fortegn) i hver av de fire delprosessene, Q_{12}, Q_{23}, Q_{34} og Q_{41}.

Finn videre uttrykk for arbeidet utført i delprosessene 1-2 og 3-4, W_{12} og W_{34}, og totalt arbeid i en syklus, W.

Et genialt påfunn av Stirling var å lagre varmemengden $|Q_{23}|$ i et internt reservoir, og så putte den inn igjen i trinnet 4-1. Dermed blir netto tilført varmemengde i en syklus redusert til $Q_H = Q_{12}$.

Hva blir da termisk virkningsgrad for prosessen, $e = W/Q_H$? (Du skal kunne uttrykke e som en funksjon bare av T_L/T_H, hvis du har regnet riktig).

Anta tilslutt $n = 4\,mol$, $V_2 = 4V_1 = 1\,\ell$, $T_H = 373\,K$ og $T_L = 283\,K$, og beregne W, Q_H og e numerisk.

OPPGITT:

pV	$=$	$n\,R\,T$	Idéell gass-loven
R	$=$	$8.314\,J/(mol \cdot K)$	Gasskonstanten
C_V	$=$	$(3/2)R$	Varmekapasitet pr. mol ved konstant volum, for en énatomig idéell gass.

[1]Prosessen har utstrakt anvendelse i kjølemaskiner for produksjon av flytende gasser. Den mekaniske oppbygningen av en Stirlingmaskin er litt komplisert, men vi trenger ikke bry oss om det her.