

NORGES TEKNISK NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Anne Borg

Tlf. 93413

BOKMÅL

EKSAMEN I EMNE TFY4115 Fysikk
Elektronikk og Teknisk kybernetikk

Lørdag 6. desember 2003

Tid: Kl. 0900 - 1500

Hjelpemiddelkode C:

Bestemt, enkel kalkulator

K. Rottmann: Matematisk formelsamling

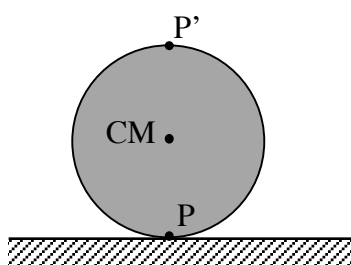
O. H. Jahren og K. J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

Vedlegg: Formler i emne TFY4115 Fysikk (side 6 – 10 i oppgavesettet)

Opgavesettet er utarbeidet av : Professor Anne Borg og professor Ola Hunderi

_____ (sign.) _____

Sensuren faller innen 7. januar 2004.

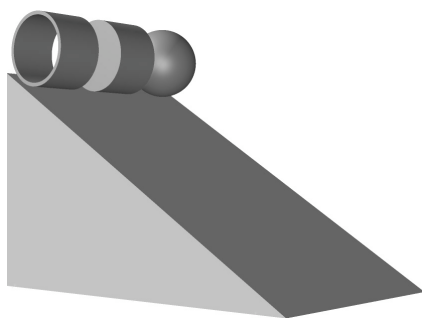
Oppgave 1

Figur 1

a) En sylinder med masse M og radius R plasseres på et horisontalt underlag, se figur 1. Angi hastigheten til kontaktpunktet P til sylinderen mot underlaget, toppunktet P' av sylinderen og sylinderens massemiddelpunkt, CM , for det tilfellet at

- sylinderen utfører en ren translasjonsbevegelse langs underlaget.
- sylinderen utfører en ren rullebevegelse langs underlaget.

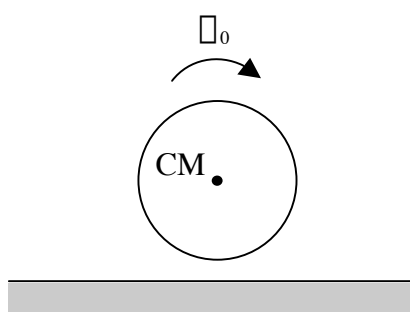
Uttrykk svarene ved hastigheten for massemiddelpunktet v_{CM} , vinkelhastigheten ω og radius R i sylinderen. Angi også eventuelle relasjoner som gjelder mellom v_{CM} og ω .



Figur 2

Tre objekter med uniform massetetthet, ei massiv kule, en massiv sylinder og en hul, tynnvegget sylinder, er plassert på toppen av et skråplan, som vist i figur 2. Alle tre objektene har radius R . Tyngdens akselerasjon er g . De tre objektene slippes samtidig uten utgangshastighet fra samme høyde og ruller uten å gli langs skråplanet.

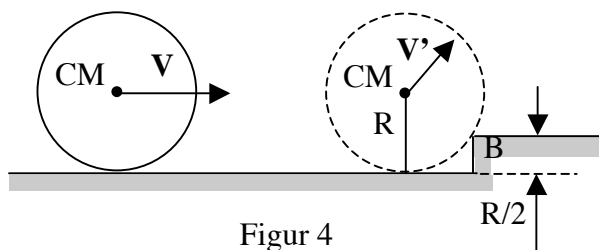
b) Hvilket av legemene når bunnen av skråplanet først og hvilket når bunnen sist. Begrunn svaret ved å utføre de nødvendige beregningene.



Figur 3

En massiv, homogen sylinder med masse M og radius R , som roterer med en vinkelhastighet ω_0 om sylinderaksen (se figur 3), blir satt forsiktig ned på et horisontalt underlag uten begynneshastighet for massemiddelpunktet. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom sylinderen og underlaget er μ_k . Etter at sylinderen er satt ned, beveger den seg bortover langs underlaget.

c) Bestem hastigheten V til sylinderens massemiddelpunkt CM , uttrykt ved oppgitte størrelser, idet bevegelsen langs underlaget går over til ren rullebevegelse? Hvor langt har sylinderen beveget seg langs underlaget idet ren rullebevegelse inntreffer? Hvor stor er friksjonskrafta når vi har ren rulling på det horisontale underlaget?



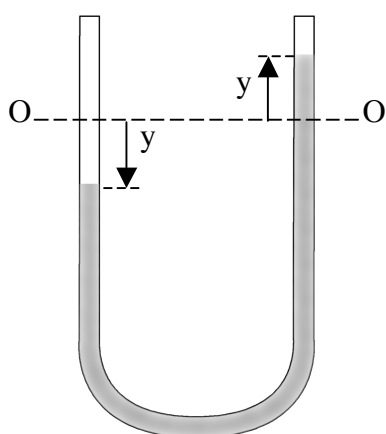
Figur 4

Etter å ha rullet et stykke på det horisontale underlaget kommer sylindere til en kant B med høyde $R/2$, som vist i figur 4. Vi regner støtet i B som svært kortvarig.

d) Finn hastigheten V' til sylindere masse-middepunkt CM like etter

støtet. Hvor stor må hastigheten V minst være for at sylindere skal kunne vippe helt opp over punktet B?

Oppgave 2



Figur 5

Et tynt glassrør med tverrsnitt A har form som vist på figur 5, og er festet slik at sidegreinene er stilt vertikalt. Væskesøylen totale lengde er L ($L \gg \sqrt{A}$), og når den er i likevekt fyller den røret til nivået O-O. Væsken har tetthet ρ . Det totale væskevolumet er $A \cdot L$. Tyngdens akselerasjon er g . Væskesøylen trekkes så ut en avstand A_0 fra likevektsposisjonen for deretter å slippes uten begynnelseshastighet slik at den kan svinge fritt.

Vi regner væskehastigheten v som uniform over rørtverrsnittet og antar at friksjonskrafta F_d mot bevegelsen kan skrives som:

$$F_d = \gamma \cdot L \cdot v$$

der γ er en proporsjonalitetskonstant som avhenger både av væskens egenskaper og av rørets geometri.

a) Vis at krafta, som virker på væskesøylen og som trekker søylen tilbake mot likevekt ved et tidspunkt t , er proporsjonal med forskyvningen y ut fra likevektsposisjonen. Vis at bevegelseslikningen for væskesøylen utslag $y(t)$ får formen

$$\ddot{y} + 2\gamma \dot{y} + \omega_0^2 y = 0$$

og uttrykk ω_0 og γ ved de oppgitte størrelsene.

b) For hvilke verdier av væskesøylen lengde L blir bevegelsen underdempet, kritisk dempet og overdempet? Skisser svingeforløpet for disse tre tilfellene. Benytt startbetingelsene til å bestemme konstantene i løsningen av bevegelseslikningen, uttrykt ved γ , ω_0 og A_0 , for det tilfellet at svingningen er underdempet. Finn den lengden av væskesøylen som gir kritisk demping, når det er vann i røret og

$$\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

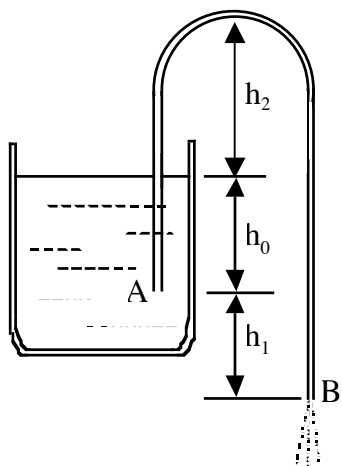
$$A = 0,30 \text{ cm}^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\eta = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s} = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ Ns/m}^2.$$

c) I en underdempet svingning vil maksimalutslaget bli mindre for hver periode. Bestem forholdet mellom to påfølgende maksimalutslag uttrykt ved β og β_0 . Hva blir forholdet når $L = 1,0 \text{ m}$ og tallverdiene forøvrig er som i punkt b).

Oppgitt: $\cos \beta = \pm \frac{1}{\sqrt{\tan^2 \beta + 1}}$

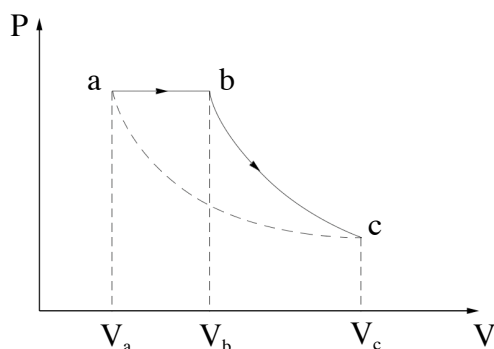


Figur 6

En hevert skal brukes til å fjerne væske fra en stor beholder, se figur 6. Røret er fylt med væske i utgangspunktet. Når røret stikkes ned i væsken i beholderen, vil væsken flyte ut ved utløpet B inntil væsknivået når ned til røråpningen ved A. Vi antar at væsken er inkompressibel og har tetthet ρ og at vi kan se bort fra viskøse krefter. Lufttrykket er P_0 . Tyngdens akselerasjon er g . Vi antar videre at arealet A_1 av væskeoverflata i beholderen er mye større enn tverrsnittsarealet A_2 av røret slik at væsknivået i beholderen synker svært langsomt. I utgangspunktet har væsken en høyde h_0 over røråpningen ved A. Høydeforskjellen mellom utløpet av heverten B og røråpningen ved A er h_1 .

d) Hva er den største og den minste hastigheten til væsken ved utløpet B i løpet av tømmeprosessen illustrert i figur 6? Hvor lang tid, uttrykt ved de oppgitte størrelsene, tar det før væsknivået i tanken er på høyde med røråpningen A?

Oppgave 3



Figur 7

To mol av en enatomig, ideell gass med $\gamma = 5/3$ gjennomløper de reversible prosessene som vist i figur 7. Gassen har i starttilstanden volumet V_a og temperaturen T_a . Den utvider seg først ved konstant trykk, P_a , til volumet blir dobbelt så stort som startvolumet, trinn a-b. Deretter gjennomgår gassen en adiabatisk prosess til temperaturen igjen har fått sin opprinnelige verdi, trinn b-c.

a) Finn trykk, temperatur og volum i tilstandene b og c uttrykt ved P_a , V_a og T_a . Finn endringen i indre energi for prosessene a-b og b-c. Hva blir den totale endringen i indre energi for hele prosessen a-b-c? Kommenter kort resultatet.

b) Hvor mye varme tilføres gassen gjennom prosessen a-b-c? Beregn hvor stort arbeid gassen har utført.

Gassen gjennomløper til slutt en prosess ved at den bringes tilbake til starttilstanden gjennom en isoterm prosess c-a.

c) Beregn virkningsgraden (tallsvar) til en varme(kraft)maskin som er basert på syklusen de tre prosesstrinnene utgjør. Hva ville virkningsgraden for en varme(kraft)maskin basert på en Carnotsyklus som opererte mellom de to samme temperaturene være?

d) Beregn endringen i entropi for delprosessene a-b, b-c og c-a. Bruk disse resultatene til å begrunne at entropien er en tilstandsfunksjon.