

NORGES TEKNISK NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Bjørn Torger Stokke

Tlf: 73 59 34 34 eller 924 920 27

EKSAMEN I EMNE

TFY 4106 FYSIKK

Onsdag 18. desember 2013

Tid: kl. 0900 – 1300.

Tillatte hjelpemidler: Alternativ C

Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i henhold til NTNU liste

K. Rottmann: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver)

Vedlegg: Formelliste for TFY4106 Fysikk, høsten 2013

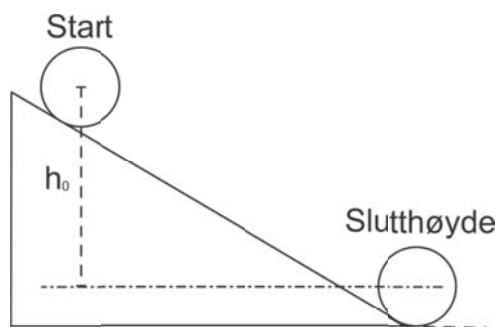
Dette oppgavesettet er på 7 sider, bokmål versjon side 2-4, nynorsk versjon side 5-7

Sensurfrist: 18 januar 2014

(Hver av oppgavene 1, 2 og 3 teller like mye.)

Tilleggsinformasjon: Trykkfeil i oppgave 3c: $U=(3/2)nR$ skal være $U =(3/2)nRT$ ble opplyst om under eksamen, og også formidlet til ekstern sensor (alle besvarelsene gjennomgått med ekstern sensurering H2013 i hht kvalitetsikringsrutinene ved Inst for fysikk)

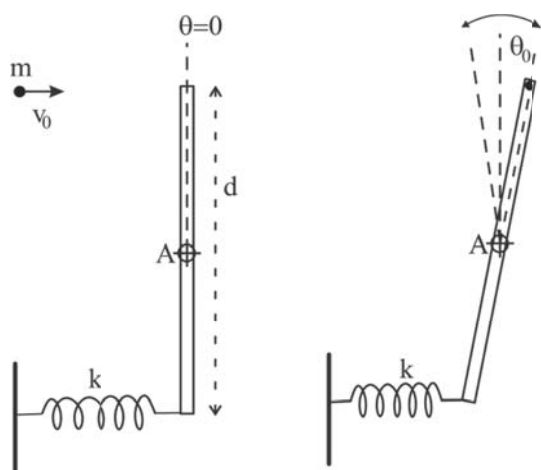
OPPGAVE 1 Mekanikk



Figur 1 Skjematisk skisse av start og sluttposisjon til sylindere på skråplan

a) En tynnvegget, hul sylinder og en massiv sylinder er ved startposisjon i ro på et skråplan. Begge sylindere er ved startposisjonen i en vertikal avstand h_0 fra enden av skråplanet (Figur 1). Vertikal avstand måles for sylinderaksen til de to sylindrerne i forhold til høyden når de er nede fra skråplanet. Den hule sylindrer har total masse m_h og radius r_h . Den massive sylindrer har total masse m_s og radius r_s . Tyngdefeltet virker loddrett. Sylindrerne frigjøres fra samme startposisjonen og de ruller uten å skli på skråplanet. Beregn translasjonshastighet til sylindrerne når de kommer til enden av skråplanet. Hvilken av sylindrerne når enden av skråplanet først?

b) Ei tynn stang har lengde d og masse M (Figur 2). Stanga kan rotere friksjonsfritt om aksene A gjennom midtpunktet. Det er festet en fjær horisontalt til den nedre enden (i en avstand $d/2$ fra A). Fjæra har fjærkonstant k . Stanga er i utgangspunkt i likevekt ($\theta = 0$).



Figur 2 Skjematisk skisse av vertikal stang opplagret i aksene A gjennom midtpunktet.

Et prosjektil med masse m og hastighet v_0 skytes inn mot og treffer øverst på stanga (avstand $d/2$ fra A). Etter kollisjonen begynner stanga å svinge. Vi antar at vi kan regne kollisjonen mellom prosjektilet og stanga som fullstendig uelastisk. Stangas treghetsmoment om aksene A regnes til å være lik

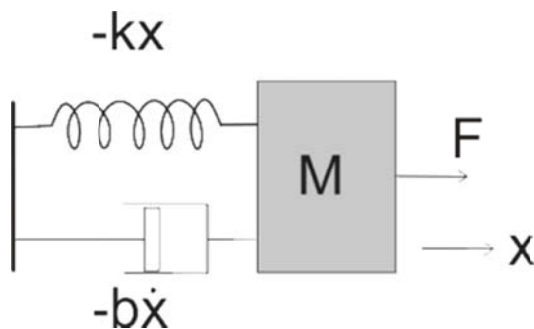
$$I = \frac{1}{12} M d^2$$

I denne tilnærmelsen av treghetsmomentet etter støtet er bidraget fra massen til prosjektilet, m , sett bort fra fordi den bidrar mye mindre enn M .

Hva er systemets mekaniske energi E_0 , bevegelsesmengde p_0 og spinn L_0 (om aksene A) før prosjektilet kolliderer med stanga?

c) Bestem systemets (Figur 2) energi E_1 rett etter at prosjektilet har kollidert med stanga. Anta at kollisjonen er fullført før fjæra presses sammen. Hvor stor andel av energien er tapt (dvs har gått over i andre former enn mekanisk energi) når massen M til stanga er 100 ganger større enn prosjektilets masse m ?

OPPGAVE 2 Svingninger og bølger



Figur 3. Skjematisk skisse av masse påvirket av fjærkraft og dempeledd

a) En masse M blir påvirket av en fjærkraft $-kx$, en friksjonskraft $-b\dot{x}$ og en ytre kraft F (Figur 3). Bruk Newtons andre lov og vis at bevegelseslikninga til M er gitt ved:

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$

Den ytre krafta F varierer harmonisk med tiden, $F = F_0 \sin(\omega t)$ og bevegelseslikninga kan skrives på formen:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = a \sin \omega t$$

Uttrykk parameterne δ , ω_0 og a ved hjelp av M , b , k og amplituden til kraften. Systemet i Figur 3 med $M = 0.2$ kg, $k = 30$ N/m, $b = 2$ Ns/m holdes i ro med en konstant kraft $F = 3$ N. Kraften slippes ved $t = 0$. Beregn utsving og utsvingshastighet ved tiden $t = 0.5$ s.

b) En lydkilde sender ut en lyd med frekvens på 500 Hz. Hastigheten til lydkilden, $|\vec{v}_l|$, er 60 m/s. En observatør beveger seg med en hastighet, $|\vec{v}_o|$, på 30 m/s langs samme linje som lydkilden. Anta at lydhastigheten er 340 m/s og beregn lydfrekvens målt av observatøren for de mulige relative bevegelsene.

c) Følgende bølgefunksjoner beskriver vandrende bølger:

$$y_1(x, t) = A \sin[k(x + (34 \text{ m/s})t)]$$

$$y_2(x, t) = B e^{k[x - (20 \text{ m/s})t]}$$

hvor x er angitt i meter, t er i sekunder og A , B og k er konstanter med enheter som gir y i meter. Angi bølgehastighet og retning for disse to bølgene.

Bølgepulsen beskrevet ved:

$$y_3(x, t) = \frac{D^3}{D^2 + (x - vt)^2}$$

hvor $D = 1.0$ cm og $v = 20$ m/s beveger seg langs en streng plassert langs x -aksen. Tegn opp øyeblikksbildet av bølgepulsen ved $t = 0$. Betrakt punktet $x = x_1 = 4$ cm fra enden $x = 0$ av strengen. Ved hvilken tid t_1 er utslaget maksimalt ved x_1 ? Ved hvilken tid $t_2 > t_1$ er utslaget halvparten av det maksimale ved x_1 ?

OPPGAVE 3 Termodynamikk

- a) En husvegg tilnærmes til å bestå av tre med en midlere tykkelse av på 5 cm og et lag med isolasjon. Arealet til veggen er 110 m^2 . På utsiden av veggen er temperaturen -5°C . Beregn den totale varmestrømmen gjennom den uisolerte veggen når temperaturen på innsiden av veggen er 20°C . (Varmeledningsevnen for tre er $0.080 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

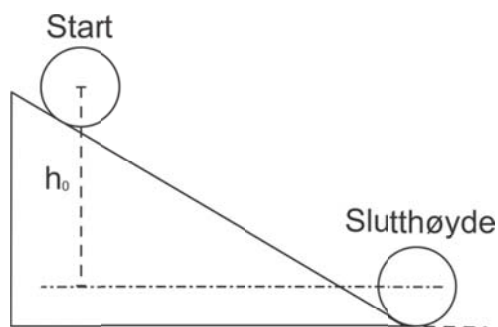
Veggen isoleres med 15 cm tykt lagt av et isolasjonsmateriale med varmeledningsevne $0.035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Hva blir den totale varmestrømmen gjennom denne isolerte veggen ved samme temperaturskjell?

- b) En ideell gass med adiabatkonstant $\gamma=5/3$ har volumet 0.5 m^3 når trykket er 2 atm og temperaturen er 27°C . Gassen går gjennom en syklisk prosess fra denne starttilstanden ved de tre følgende prosesser. Volumet av gassen økes til 1.2 m^3 ved en adiabatisk prosess. Gassen blir deretter komprimert til startvolumet ved en isobar prosess. Trykket blir økt til initialtilstanden ved en isokor prosess. Tegn den sykliske prosessen i et p-V diagram. Bestem temperaturen ved hvert endepunkt av de tre delprosessene. Beregn arbeidet som gjennomføres i den sykliske prosessen.
- c) Betrakt n mol av en ideell gass som har volumet V ved temperaturen T . Den indre energi til gassen er gitt ved $U = \frac{3}{2}nR$ hvor R er den molare gasskonstanten. Vi ser på en reversibel prosess denne gassen gjennomgår. Vis at entropien til gassen kan skrives:

$$S = nR \ln(VT^{3/2}) + S_0$$

Hva er entropiendringen til denne gassen knyttet til endring fra tilstanden (V_1, T_1) til (V_2, T_2) ?

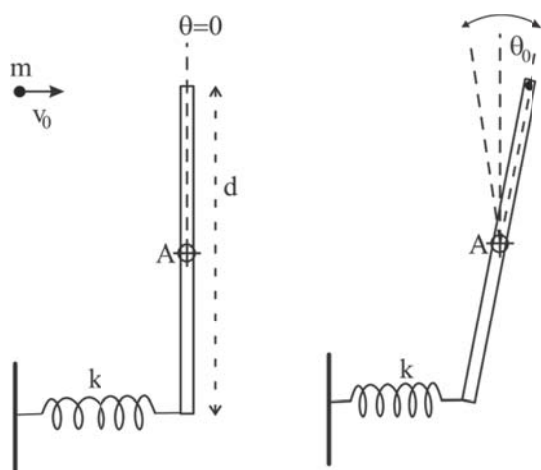
OPPGÅVE 1 Mekanikk



Figur 4 Skjematisk skisse av start og sluttposisjon til sylindrar på skråplan

a) Ein tynnvegga, hol sylinder og ein massiv sylinder er ved startposisjonen i ro på eit skråplan. Begge sylindrane er ved startposisjonen i ein vertikal avstand h_0 frå enden av skråplanet (Figur 1). Vertikal avstand målast for sylinderaksen til dei to sylindrane ut frå høgda nede frå skråplanet. Den hole sylinderen har ei total masse m_h og radius r_h . Den massive sylinderen har total masse m_s og radius r_s . Tyngdefeltet er loddrett. Sylindrane frigjerast frå same startposisjonen og dei rullar utan å skli på skråplanet. Rekn ut translasjonshastigheita til sylindrane når dei kjem til enden av skråplanet. Kva for ein sylinder kjem til enden av skråplanet fyrst?

b) Ei tynn stang har lengde d og masse M (Figur 2). Stanga kan rotere utan friksjon om aksa A gjennom midtpunktet. Det er festa ei fjør horisontalt til den nedre enden (i ein avstand $d/2$ frå A). Fjæra har fjørkonstant k . Stanga er i utgangspunktet i likevekt ($\theta = 0$).



Figur 5 Skjematisk skisse av vertikal stang opplagra i aksa A gjennom midtpunktet.

Eit prosjektil med masse m og hastighet v_0 vert skoten mot og treff øvst på stanga (avstand $d/2$ frå A). Etter kollisjonen byrjar stanga å svinge. Vi antar at vi kan rekne kollisjonen mellom prosjektilet og stanga som fullstendig uelastisk. Stangas tregleiksmoment om aksa A reknast til å vere lik

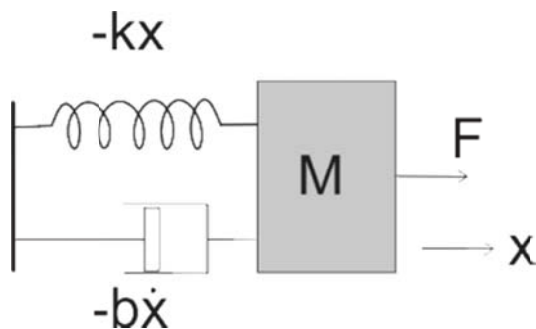
$$I = \frac{1}{12} M d^2$$

I dette tilfellet av tregleiksmomentet etter støyten kan vi sjå bort frå massen til prosjektilet, m , ettersom bidraget er mykje mindre enn frå M .

Kva er systemets mekaniske energi E_0 , rørslemengd p_0 og spinn L_0 (om aksa A) før prosjektilet kolliderer med stanga?

c) Rekn ut systemets (Figur 2) energi E_1 rett etter at prosjektilet har kollidert med stanga. Anta at kollisjonen er *fullført* før fjæra pressast saman. Kor mykje energi er gått tapt (dvs. har gått over i andre former enn mekanisk energi) når massen M til stanga er 100 gonger større enn massen til prosjektilet m ?

OPPGÅVE 2 Svingingar og bølger



a) Ei masse M vert påverka av ei fjørkraft $-kx$, ei friksjonskraft $-b\dot{x}$ og ei ytre kraft F (Figur 3). Bruk Newton si andre lov og vis at rørslelikninga til M er gjeve ved:

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$

Den ytre krafta F varierer harmonisk med tida, $F = F_0 \sin(\omega t)$ og rørslelikninga kan skrivast:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = a \sin \omega t$$

Figur 6. Skjematisk skisse av masse påverka av fjørkraft og dempeledd

Uttrykk parameterane δ , ω_0 og a ved M , b , k og amplituden til krafta. Systemet i Figur 3 med $M = 0.2$ kg, $k = 30$ N/m, $b = 2$ Ns/m vert halden i ro med ei konstant kraft $F = 3$ N. Krafta vert sluppen ved $t = 0$. Rekn ut utsving og hastigheit til utsvinget ved tida $t = 0.5$ s.

- b) Ei lydkjelde sender ut ein lyd med frekvens på 500 Hz. Hastigheita til lydkjelda, $|\vec{v}_l|$, er 60 m/s. Ein observatør flyttar seg med ei hastigheit, $|\vec{v}_o|$, på 30 m/s langs den same linja som lydkjelda. Gå ut i frå at hastigheita til lyden er 340 m/s og rekn ut lydfrekvensen målt av observatøren for dei moglege relative rørsleane.

- c) Følgjande bølgefunksjonar skildrar vandrande bølger:

$$y_1(x, t) = A \sin[k(x + (34 \text{ m/s})t)]$$

$$y_2(x, t) = B e^{k[x - (20 \text{ m/s})t]}$$

der x er gjeven i meter, t i sekunder og A , B og k er konstantar med einingar som gjev y i meter. Rekn ut bølgehastigheita og retninga for desse to bølgjene.

Bølgjepulsen gitt ved:

$$y_3(x, t) = \frac{D^3}{D^2 + (x - vt)^2}$$

der $D = 1.0$ cm og $v = 20$ m/s flyttar seg langs ein streng langs x -aksen. Teikn opp augne blikks bilete av bølgjepulsen ved $t = 0$. Sjå på punktet $x = x_1 = 4$ cm frå enden $x = 0$ av strengen. Rekn ut tida t_1 der utslaget er maksimalt ved x_1 . Rekn ut tida $t_2 > t_1$ der utslaget er halvparten av det maksimale ved x_1 .

OPPGÅVE 3 Termodynamikk

- a) Ein husvegg er satt saman av eit lag med tre med ein gjennomsnittleg tjukkleik på 5 cm og eit lag med isolasjon. Arealet av vegg er 110 m^2 . På utsida av vegg er temperaturen -5°C . Rekn ut den totale varmestraum gjennom den uisolerte vegg når temperaturen på innsida av vegg er 20°C . (Varmeleiingsevna for tre er $0.080 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

Treveggen vert isolert med eit 15 cm lag av eit isolasjonsmateriale med varmeleiingsevne $0.035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Kva vert den totale varmestraum gjennom denne isolerte vegg ved same temperaturskilnad?

- b) Ein ideell gass med adiabatkonstant $\gamma=5/3$ har volumet 0.5 m^3 ved eit trykk 2 atm og ein temperatur på 27°C . Gassen går gjennom ein syklisk prosess frå denne starttilstanden gjennom tre prosessar. Fyrst aukar volumet av gassen til 1.2 m^3 i ein adiabatisk prosess. Gassen vert så komprimert til startvolumet gjennom ein isobar prosess. Til slutt aukar trykket til starttilstanden ved ein isokor prosess. Teikn opp den sykliske prosessen i eit p-V diagram. Rekn ut temperaturen ved kvart endepunkt av dei tre delprosessane. Rekn ut arbeidet som vert gjort i den sykliske prosessen.
- c) n mol av ein ideell gass har volumet V ved temperaturen T . Den indre energien til gassen er gitt ved $U = \frac{3}{2}nRT$ der R er den molare gasskonstanten. Vi ser på ein reversibel prosess denne gassen går gjennom. Vis at entropien til gassen kan uttrykast som

$$S = nR \ln(VT^{3/2}) + S_0$$

Kva er endringa i entropi til denne gassen ved endring frå tilstanden (V_1, T_1) til (V_2, T_2) ?