

**UNIVERSITETET I AGDER**  
**Grimstad**

**E K S A M E N S O P P G A V E :**

**FAG: FYS105 Fysikk**

**LÆRER: Fysikk : Per Henrik Hogstad**

|  |   |  |                          |
|--|---|--|--------------------------|
| <b>Klasse(r):</b>                          | <b>Dato: 25.05.12</b>   | <b>Eksamenstid, fra-til: 09.00 – 14.00</b> |                          |
| <b>Eksamensoppgaven består av følgende</b> | <b>Antall sider: 4 (inkl. forside)</b>                            | <b>Antall oppgaver: 4</b>                  | <b>Antall vedlegg: 0</b> |
| <b>Tillatte hjelpemidler er:</b>           | <b>Kalkulator<br/>Formelsamling: Hogstad / Haugan / Gyldendal</b> |  |                          |
|  |   |  |                          |

## FYS105 Fysikk Ordinær eksamen vår 2012

Ta dine egne forutsetninger hvis du finner uklarheter/mangler i oppgavesettet!

Poeng på hver deloppgave:

| <u>Oppg</u> | <u>Poeng</u> |
|-------------|--------------|
| 1 a)        | 3            |
| b)          | 3            |
| 2 a)        | 3            |
| b)          | 3            |
| 3 a)        | 3            |
| b)          | 3            |
| c)          | 3            |
| 4 a)        | 3            |
| b)          | 3            |
| c)          | 3            |
| d)          | 3            |
| e)          | 3            |
| f)          | 3            |
| g)          | 3            |
| -----       |              |
| Sum         | 42           |

Poengene viser vekt-fordelingen for de enkelte del-spørsmålene.  
Ved karaktersetting vektlegges selvfølgelig i tillegg en totalvurdering,  
bl.a. en vurdering av i hvilken grad kandidaten har kunnskaper innenfor  
de ulike områdene gitt i oppgavesettet.

**Lykke til !**

1. En bil kjører langs en rett linje ( $x$ -aksen) og passerer origo ved tiden  $t = 0$ . Hastigheten  $v$  som funksjon av tiden  $t$  er gitt ved:

$$v(t) = A + Bt^2$$

hvor

$$A = 20.0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad B = 0.15 \frac{\text{m}}{\text{s}^3}$$

- a) Bestem bilens akselerasjon etter 10.0 sekunder.
- b) Bestem bilens posisjon etter 10.0 sekunder.
2. Du kjører en bil  $A$  langs en rettlinjet vei. Bakl deg kommer (i samme retning som du kjører) en sirenebil (en bil med sirene)  $B$ . Sirenen i bil  $B$  sender ut en lydbølge med en enkelt frekvens  $f_B = 200$  Hz. Lydhastigheten er  $v = 350$  m/s.
- a) Din bil  $A$  har hastigheten  $v_A = 90.0$  km/h og sirenebilens  $B$  har hastigheten  $v_B = 120.0$  km/h. Hvilken frekvens  $f_A$  oppfatter du fra sirenebilens  $B$ ?
- b) La oss anta at sirenebilens fortsatt kjører bak deg, men at sirenebilens hastighet  $v_B$  er ukjent. Sirenebilens sender fortsatt ut frekvensen  $f_B = 200$  Hz. Du kjører fortsatt med hastigheten  $v_A = 90$  km/h. Du oppfatter frekvensen fra sirenebilens til å være 210 Hz. Bestem på grunnlag av dette sirenebilens hastighet  $v_B$ .
3. En kloss med masse  $m = 2.0$  kg er plassert på et horisontalt bord og er festet til den ene enden av en horisontal, elastisk fjær (se fig 3.1). Fjærens andre ende er festet i en vertikal vegg. Det er ingen friksjon mellom klossen og bordet.

Klossen settes i bevegelse og gjennomfører en såkalt enkel harmonisk svingning (SHM) med amplitude  $A = 0.50$  m og periode  $T = 1.5$  s. Klossens posisjon  $x$  som funksjon av tiden  $t$  generelt er gitt ved

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Vi får nå oppgitt at klossen passerer likevektstillingen på vei mot høyre ved tiden  $t = 0$ . Det kan da matematisk vises at ligningen for klossens bevegelse kan forenkles til:

$$x(t) = A \sin(\omega t)$$

- a) Tegn inn de ytre kreftene som virker på klossen under dens bevegelse, og forklar hvilke krefter dette er. Bestem fjærkonstanten  $k$ .
- b) Bestem klossens posisjon ved tiden  $t = 5.0$  s.
- c) Ved hvilket tidspunkt er klossen første gang i posisjon  $x = 0.25$  m?

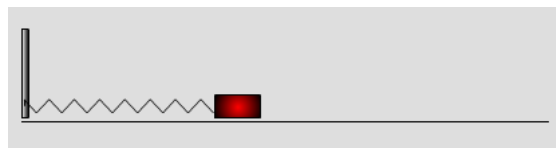


Fig 3.1

4. Vi har et hjul med masse  $M = 2.0$  kg (jevn massefordeling) og radius  $R = 0.60$  m. Hjulet er plassert på et horisontalt bord. En masseløs ring med radius  $r = 0.45$  m er festet til hjulet (hjulet og ringen har samme sentrum). Rundt ringen er viklet en masseløs snor. Vi drar i den ene enden av snoren med en konstant, horisontal kraft  $T = 1.20$  N (se fig 4.1). Hjulet ruller uten å gli på det horisontale bordet. Punktet  $P$  på figuren er hjulets kontaktpunkt med bordet.
- Tegn inn og forklar alle ytre krefter som virker på hjulet.
  - Bestem treghetsmomentet til hjulet mht senteraksen.
  - Bestem akselerasjonen  $a$  til senteret av hjulet.
  - Bestem friksjonskraften mellom hjulet og bordet.
- La oss nå i spørsmål e), f) og g) anta at det ikke er friksjon mellom hjulet og bordet. La oss videre anta at hjulet er i ro ved tiden  $t = 0$ .
- Hvor langt beveger hjulsenteret seg i løpet av de 10.0 første sekundene?
  - Bestem hjulsenterets vinkelakselerasjon.
  - Bestem vinkelen som hjulet har rotet i løpet av de 10.0 første sekundene.

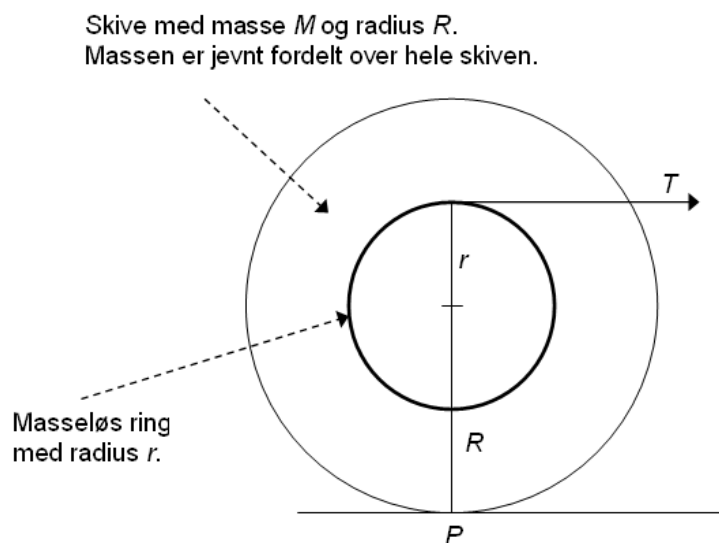


Fig 4.1

Løsning:

1. a) Akselerasjon er definert som den tidsderiverte av hastigheten.

$$v(t) = A + Bt^2$$

$$a(t) = \dot{v}(t) = \underline{2Bt}$$

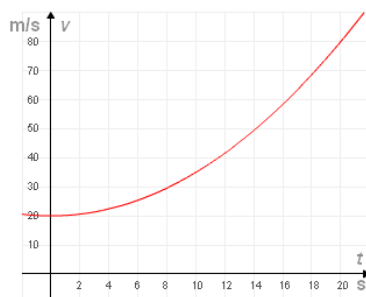
$$a(10.0s) = 2 \cdot 0.15 \frac{m}{s^3} \cdot 10.0s = \underline{\underline{3.0 \frac{m}{s^2}}}$$

- b) Hastighet er definert som den tidsderiverte av posisjonen.  
Posisjonen finnes derfor ved å integrere hastigheten.

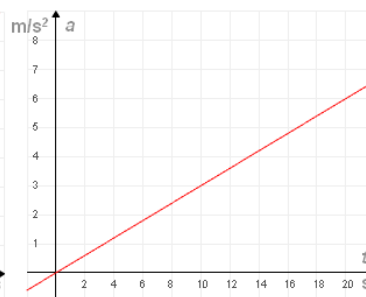
$$s(t) = s_0 + \int_0^t v dt = s_0 + \int_0^t (A + Bt^2) dt = s_0 + \left[ At + \frac{1}{3} Bt^3 \right]_0^t = \underline{\underline{At + \frac{1}{3} Bt^3}}$$

$$s(10.0s) = 20.0 \frac{m}{s} \cdot 10.0s + \frac{1}{3} \cdot 0.15 \cdot (10.0s)^3 = 200m + 50m = \underline{\underline{250m}}$$

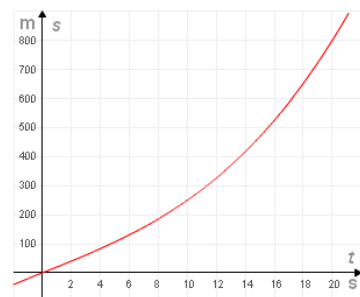
Hastighet



Akselerasjon



Posisjon



2. a) Frekvensen  $f_A$  som du oppfatter i din bil A:

$$f_A = \frac{v + v_A}{v + v_B} f_B$$

$$= \frac{350 \frac{m}{s} - 90 \frac{km}{h}}{350 \frac{m}{s} - 120 \frac{km}{h}} \cdot 200Hz = \frac{350 \frac{m}{s} - 90 \cdot \frac{1000m}{3600s}}{350 \frac{m}{s} - 120 \cdot \frac{1000m}{3600s}} \cdot 200Hz = \frac{350 \frac{m}{s} - 25 \frac{m}{s}}{350 \frac{m}{s} - 33.3 \frac{m}{s}} \cdot 200Hz = \underline{\underline{205Hz}}$$

b) Sirebilens hastighet:

$$f_A = \frac{v + v_A}{v + v_B} f_B$$

$$(v + v_B) f_A = (v + v_A) f_B$$

$$v + v_B = \frac{f_B}{f_A} (v + v_A)$$

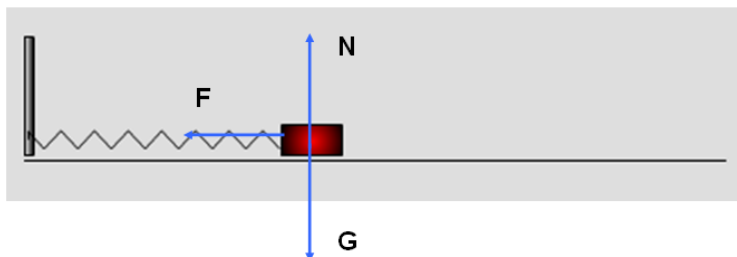
$$v_B = \frac{f_B}{f_A} (v + v_A) - v = \frac{f_B}{f_A} v_A + \left(\frac{f_B}{f_A} - 1\right) v$$

$$= \frac{200Hz}{210Hz} \cdot 90 \frac{km}{h} + \left(\frac{200Hz}{210Hz} - 1\right) \cdot 350 \frac{m}{s} = \frac{200Hz}{210Hz} \cdot 90 \frac{km}{h} + \left(\frac{200Hz}{210Hz} - 1\right) \cdot 350 \frac{1}{3600} \frac{km}{h} = \underline{\underline{-146 \frac{km}{h}}}$$

Sirebilens hastighet er 146 km/h.

Det negative fortegnet indikerer at sirebilen har hastighet i retning mot bil A.

3. a) Ytre krefter på klossen:



$G = mg$  Tyngden av klossen  
 $N$  Normalkraften (kraften på klossen fra bordet)  $N = G$   
 $F = -kx$  Fjærkraften proporsjonal med forflytningen  $x$ , motsatt rettet

Fjærkonstanten  $k$ :

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} \end{aligned} \right\} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 2.0 \text{ kg}}{(1.5 \text{ s})^2} = \underline{\underline{35 \frac{\text{N}}{\text{m}}}}$$

b) Klossens posisjon ved tiden  $t = 5.0 \text{ s}$ :

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$x(t) = A \sin(\omega t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = 0.50 \text{ m} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{1.5 \text{ s}} \cdot 5.0 \text{ s}\right) = \underline{\underline{0.43 \text{ m}}}$$

c) Tidspunkt ved første passering av posisjon  $x = 0.25 \text{ m}$

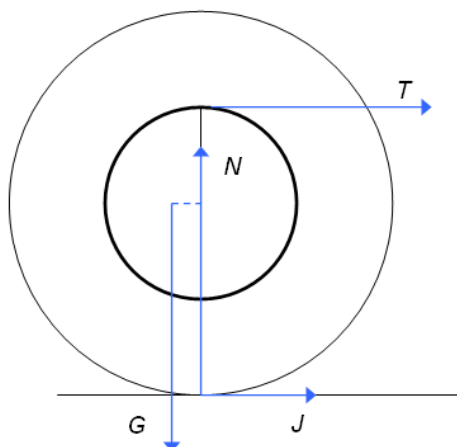
$$x(t) = A \sin(\omega t)$$

$$s \sin(\omega t) = \frac{x}{A}$$

$$\omega t = a \sin\left(\frac{x}{A}\right)$$

$$t = \frac{1}{\omega} a \sin\left(\frac{x}{A}\right) = \frac{1}{\frac{2\pi}{T}} a \sin\left(\frac{x}{A}\right) = \frac{T}{2\pi} a \sin\left(\frac{x}{A}\right) = \frac{1.5 \text{ s}}{2\pi} a \sin\left(\frac{0.25 \text{ m}}{0.50 \text{ m}}\right) = \underline{\underline{0.125 \text{ s}}}$$

4. a) Ytre krefter på hjulet



|             |          |  |
|-------------|----------|--|
| Snorkraften | $T$      | Kraften på hjulet fra snora                    |
| Tyngden     | $G = Mg$ | Kraften på hjulet fra jorda                    |
| Normalkraft | $N$      | Kraften på hjulet fra bordet vertikalt oppover |
| Friksjon    | $J$      | Kraften på hjulet fra bordet horisontalt       |

Vektorsummen av  $N$  og  $G$  er nullvektor  
siden hjulets massesenter ikke har noen vertikal akselerasjon

b) Treghetsmoment av hjulet (om hjulets senterakse (gjennom massesenteret)):

$$I_{cm} = \frac{1}{2}MR^2 = \frac{1}{2} \cdot 2.0kg \cdot (0.60m)^2 = \underline{\underline{0.36kgm^2}}$$

c) Benytter kraftmomentbetraktninger på hjulet om en akse gjennom hjulets kontaktpunkt  $P$  med bordet:

$$\tau_p = (R+r)T$$

$$\tau_p = I_p \alpha$$

$$I_p = I_{cm} + MR^2 = \frac{1}{2}MR^2 + MR^2 = \frac{3}{2}MR^2$$

$$a_{cm} = R\alpha$$

↓

$$a_{cm} = R\alpha = R \frac{\tau_p}{I_p} = R \frac{(R+r)T}{\frac{3}{2}MR^2} = \frac{2(R+r)T}{3MR} = \frac{2(R+\frac{3}{4}R)T}{3MR} = \frac{2R(1+\frac{3}{4})T}{3MR} = \frac{7T}{6M} = \frac{7 \cdot 1.20N}{6 \cdot 2.0kg} = \underline{\underline{0.70 \frac{m}{s^2}}}$$

d) Friksjonskraft:

$$T + J = Ma_{cm} \Rightarrow J = Ma_{cm} - T = 2.0kg \cdot 0.70 \frac{m}{s^2} - 1.20N = \underline{\underline{0.20N}} \text{ mot høyre}$$

e) Hjulcenterets posisjon etter 10.0 sekunder:

$$s = \frac{1}{2}a_{cm}t^2 = \frac{1}{2} \frac{T}{M} t^2 = \frac{1}{2} \frac{1.20N}{2.0kg} (10s)^2 = \underline{\underline{30.0m}}$$



f) Vinkelakselerasjon når det ikke er friksjon mellom hjulet og bordet:

$$\tau_{cm} = rT$$

$$\tau_{cm} = I_{cm}\alpha$$

$$I_{cm} = \frac{1}{2}MR^2$$

⇓

$$\alpha = \frac{\tau_{cm}}{I_{cm}} = \frac{rT}{\frac{1}{2}MR^2} = \frac{2rT}{MR^2} = \frac{2 \cdot 0.45m \cdot 1.20N}{2.0kg \cdot (0.60m)^2} = \underline{\underline{1.50s^{-2}}}$$

g) Rotasjonvinkel i løpet av 10.0 sekunder:

$$\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.5s^{-1} \cdot (10.0s)^2 = \underline{\underline{75.0}}$$