

## Afleveringsopgave 4 – Uge 49

**Opgave 1**

Se figur 1. En lang tynd ubøjelig nål er banket igennem en hulla-hop ring med inert  $M_h$  og radius  $R_h$ . Nålen går igennem ringens massemidt punkt (punktet 'C' i midten af ringen i figur 1). Hulla-hop-ringen kan rotere frit om nålen. Ved ringens ækvator (dvs i afstanden  $R_h$  fra nålen) er fastsat en solid cylinder med inert  $m_c$  og radius  $r_c$ . Vinkelret på cylinderen er fastsat en pind med længde  $L$  og inert  $m_p$ . I den anden ende af pinden er fastklistret en solid kugle med inert  $m_k$  og radius  $R_k$ . Opskriv et udtryk for inertimomentet af systemet bestående af hulla-hop ring, cylinder, pind og kugle.

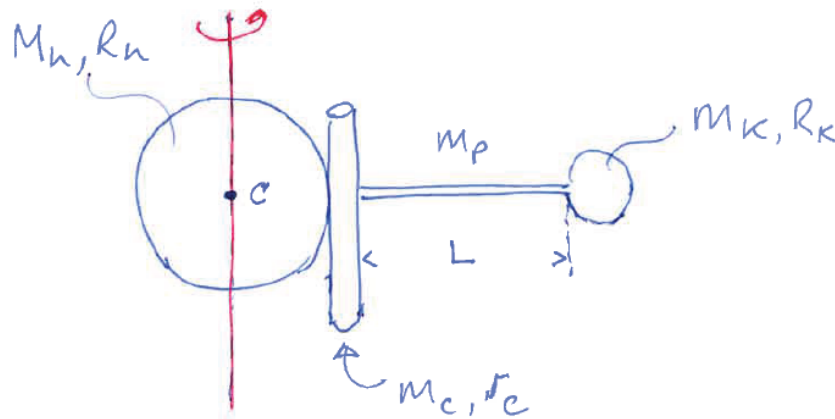


Figure 1: Opstilling til Opgave 1

Opgave 2 er på næste side.

**Opgave 2**

En stiv planke med længde  $L$  og inert  $M_v$  fungerer som vippe. Vippen kan vippe omkring et punkt P i afstanden  $L/3$  fra den venstre ende. I en afstand  $L/12$  fra venstre ende er en stødpude med inert  $m_s$  fastgjort under vippen. Du kan til enhver tid opfatte alle legemer på vippen som punktmasser.

Vippen står så dens venstre ende hviler på jorden. En leguan med inert  $m_L$  vandrer nu op på vippen fra den venstre ende og bevæger sig langsomt op ad vippen.

Leguanen går lidt frem og tilbage og stopper når den når afstanden  $d$  fra vippepunktet P. I det punkt står vippen vandret. Vi skal nu bestemme  $d$ .

- (a) Tegn en klar skitse af opstillingen.
- (b) Tegn et (klart) udvidet kraftdiagram for opstillingen og angiv retningen for hvert kraftmoment der indgår.
- (c) Opskriv den tilhørende kraftmomentligning.
- (d) Udtryk  $d$  ved kendte størrelser.
- (e) Angiv  $d$  i enheder af  $L$ , idet følgende gælder:  $M_v = 2$  kg,  $m_s = 2$  kg,  $m_L = 0,5$  kg.

Mens leguanen nyder udsigten i afstanden  $d$  fra P, så lander en kolibri med inert  $m_f = 4$  gram i den yderste (højre) ende af vippen.

- (f) Forklar kort (1 sætning) hvad der vil ske. Tegn et udvidet kraftdiagram for denne situation.
- (g) Opskriv den tilhørende kraftmomentligning.

Vi skal i det følgende estimere hvor hurtigt vippen accellererer,  $d\omega/dt$ . Antag at leguanen bliver siddende i afstanden  $d$ .

(h) Vis med udregninger hvordan man kan beregne inertimomentet af vippen  $I_v$  på to måder, såfremt vippen har jævn massefordeling:

- (i) ved brug af parallel-akse-teoremet, og
- (ii) ved at opskrive og udregne et enkelt integrale (eller to).

Bestem dernæst det samlede inertimoment af systemet bestående af vippen og de to dyr.

(i) Udtryk først  $d\omega/dt$  ved kendte størrelser. Angiv dernæst den numeriske værdi af  $d\omega/dt$  i enheder af grader per sekund<sup>2</sup> når  $L = 4$  meter og  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Du må gerne bruge lommeregner her.

(j) Den statiske friktionskoefficient mellem leguanen og vippen er  $\mu_s = 0,35$ . Den kinetiske friktionskoefficient er  $\mu_s = 0,25$ . Opskriv et udtryk for vinklen  $\theta$  (fra vandret) hvor leguanen begynder at glide og bestem den vinkel. Du må gerne bruge lommeregner her.

(k) Opskriv et estimeret udtryk for tidspunktet  $t$  hvor leguanen begynder at glide, regnet fra tidspunktet hvor vippen begynder at dreje. Estimér  $t$ .

(m) Hvis inertimomentet af vippen faktisk var  $I_v = 0.25$  kg  $L^2$  men inertien er uændret, ville vippen dreje hurtigere eller langsommere i det tilfælde? Forklar kort hvorfor.